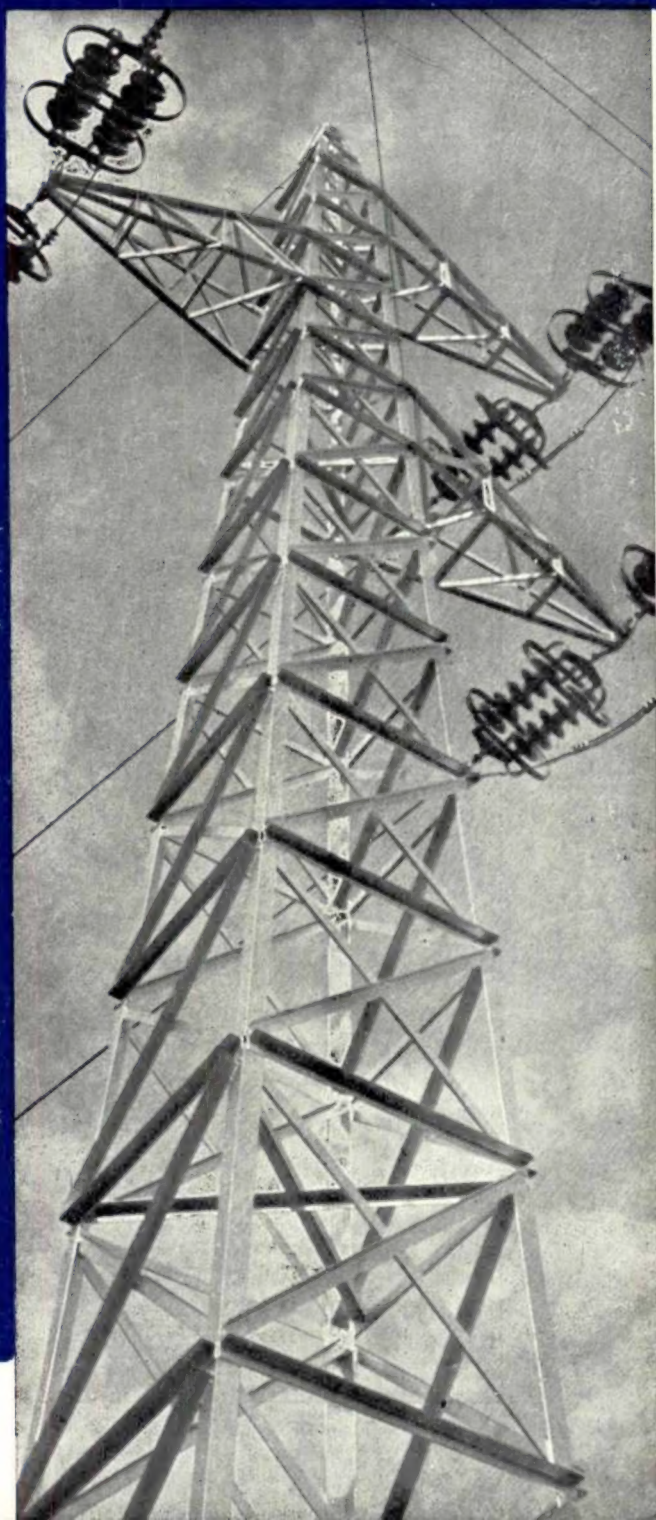
# TÉCNICA



## REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 174 - Maio - 1947

CIMENTO

# SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

# União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

**SEDE**
**Rua Duque de Loulé, 240 — Pôrto**
**Telef. 2828 — 2829 — 2830 — Est. 90**

**DELEGAÇÃO**
**R. António Maria Cardoso, 13, 2.º-Lisboa**
**Telefones 27232 — 27233 — Est. 365**

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU LEIRIA e de SETÚBAL, pela mais extensa rêde de alta-tensão em Portugal (mais de 1.200 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LUGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a sua energia é **proveitoso negócio**

# Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

**Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA**
**Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO**

Agentes em todo o País

NÚMERO
174
Maio — 1947

# TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 70144 (linha 50)

**DIRECTOR**
FERNANDO MANZANARES ABECASIS

**ADMINISTRADOR**
FERNANDO JÁCOME DE CASTRO

**BIBLIOTECÁRIO**
JOSÉ TELES

**SECRETÁRIO**
HENRIQUE ESTÁCIO MARQUES

**REDACTOR**
JOSÉ QUINTINO ROGADO

NÚMERO AVULSO 7$50

**ASSINATURAS:**

| | 3 N.os | 6 N.os | 12 N.os |
|---|---|---|---|
| Continente e Ilhas | 21$00 | 40$00 | 75$00 |
| Colónias Portuguesas e Estrangeiro | — | 45$00 | 80$00 |

**EDITOR E PROPRIETARIO**
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

## SUMÁRIO

**CAPA — Poste n.º 1 da Linha do Castelo do Bode — Companhia Eléctrica das Beiras.**

| | | Págs. |
|---|---|---|
| **Notas histórico-pedagógicas sobre o Instituto Superior Técnico** | Dr. Alfredo Bensaude | 363 |
| **Posição geológica dos granitos portugueses** | Dr. Carlos Teixeira | 369 |
| **Frequencímetros electrodinâmicos de indução** | Eng.º Benjamim da Conceição Mendonça | 375 |
| **Tendência da moderna técnica das estradas da Suíça, no que respeita a perfis, traçado e pavimentos** | Eng.º J. Canto Moniz | 389 |
| **Estudo teórico e prático do eléctrodo de antimónio** | Dr. Arthur de Sousa | 419 |
| **Biblioteca** | | 431 |

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

# Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «**cement gun**»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

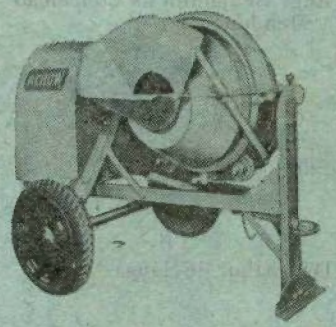
Sociedade Anónima com séde em PARIS

**As melhores referências no país e no estrangeiro**

**Engenheiro delegado para Portugal**

## Walter Weyermann

**P. do Município, 32-2.º—LISBOA Tel. 2 8685**



# ACROW

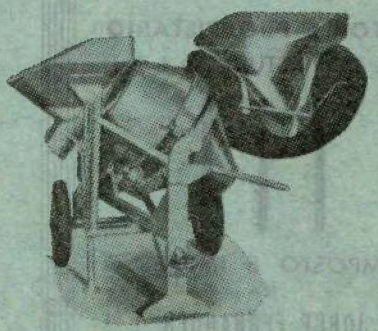
## 150 LITROS

As únicas betoneiras de 150 litros, equipadas com tremonha doseada de materiais, permitindo trabalho contínuo, isto é o s/**rendimento aumentado em 50 %**; chassis montados sobre molas e rodado sobre pneus, isto é, permitindo **a mais fácil deslocação.**

## MOTORES

### A GASOLINA

Entrega imediata, no armazém do representante exclusivo para Portugal



Telef. 2 2001 / 2 6633

**Henry M. F. Hatherly, Ltd.ª**

**Rua do Comércio, 8-5.º — LISBOA**

# WILD

APARELHOS DE ALTO RENDIMENTO PARA
TOPOGRAFIA GEODESIA FOTOGRAMETRIA

**EFICIÊNCIA** **ROBUSTEZ**

**COMPROVADAS POR MUITAS CENTENAS DE INSTRUMENTOS**

**vendidos em Portugal e Colónias, a maior parte dos quais ainda em serviço após anos de trabalho intensivo**

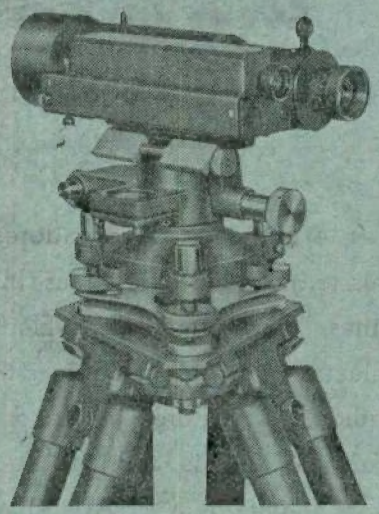
Nível pequeno **N I**
» médio **N II**
» de precisão **N III**

Teodolito-bússola **T O**
» repetidor **T 1**
» universal **T 2**
» de precisão **T 3**
» astronómico **T 4**

Alidade com prancheta
Estádia de invar
Telémetros

Foto-teodolito
Câmaras fotográficas
Restituidores

Goniómetros e outros instrumentos topográficos militares



NÍVEL MÉDIO
WILD N II

NOS NOSSOS ESCRITÓRIOS ESTAO À DISPOSIÇÃO DOS INTERESSADOS AS LISTAS DOS COMPRADORES

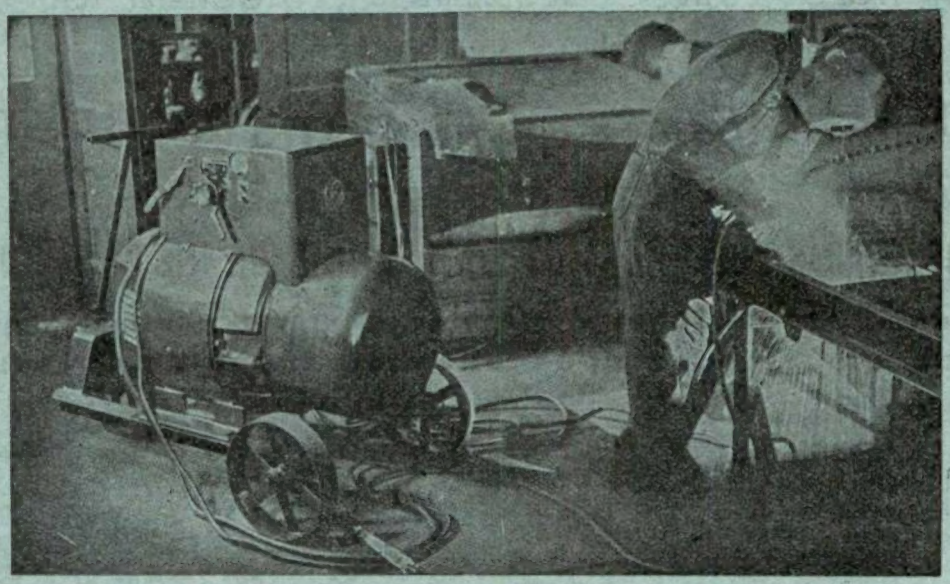
**Representantes e Depositários**

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 TELEF. 2 4314/15 LISBOA

WILD
HEERBRUGG

# GENERAL ELECTRIC

## Schenectady, N. Y.



Instalação de soldadura eléctrica com grupo rotativo

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão Centrais termo e hidroeléctricas. Instalações para melhorar o factor potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Condutores eléctricos. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas. Emissores e receptores para T. S. F. Aparelhagem de Electro-Medicina. Instalações de Som.

**GENERAL ELECTRIC**

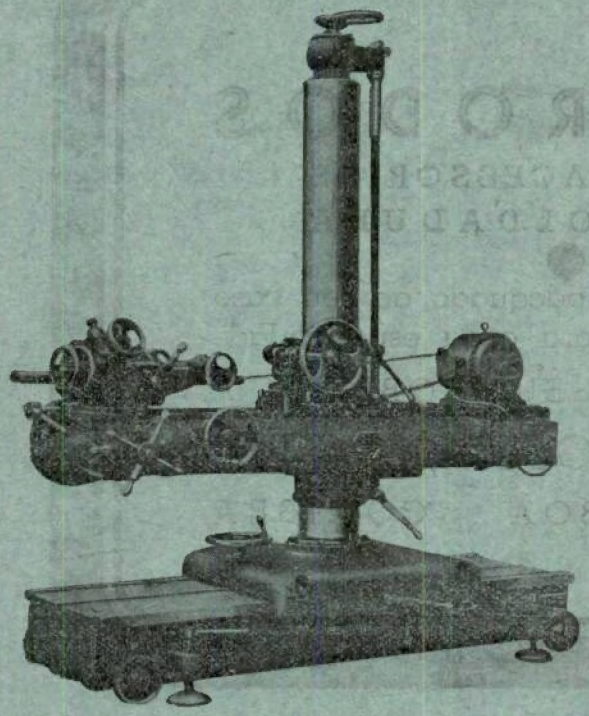
**Portuguesa, S. A. R. L.**

LISBOA

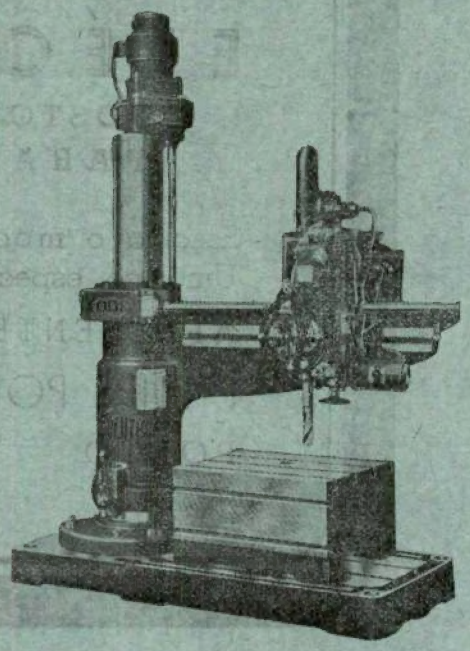
**Rua do Norte, 5**

**Telef. 28135-28136**

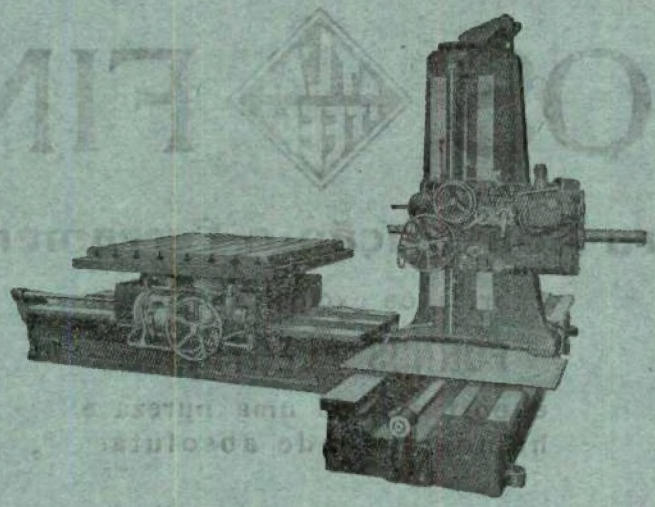
**MÁQUINAS DA CASA WILLIAM ASQUITH LTD., HALIFAX, INGLATERRA**



ENGENHO DE FURAR PORTÁTIL
para caldeiraria



ENGENHO DE FURAR RADIAL
em todos os tamanhos



MANDRILADORAS HORIZONTAIS

REPRESENTANTE

**ECO TRADING, LTD.ª**

**RUA DO CRUCIFIXO, 50, 3.º—LISBOA**

**Telefones: 2 5808 e 2 0155** **End. Telegráfico: Ecotrading - Lisboa**

# ELÉCTRODOS

**POSTOS E ACESSÓRIOS PARA SOLDADURA**

Escolha o modêlo adequado ao seu caso
Um tipo especial para cada especialidade

APRESENTE O SEU PROBLEMA A'

PHILIPS PORTUGUESA, S. A. R. L.

PORTO LISBOA COIMBRA

# AÇOS ATLAS STEELS FINOS

**para Construção e Ferramentas**

**Fabricados exclusivamente em**

**FORNOS ELÉCTRICOS**

**e, portanto, de uma pureza e homogeneidade absolutas.**

*Entregas imediatas do n/ Stock*

*Preços de concorrência*

## MÁQUINAS DE PRECISÃO, L.DA

Director: Eng.º J. d'Arriaga de Tavares

Telegramas: ENGENHARIA

45, RUA DA BOA VISTA, 47 e 49-1.º
**LISBOA** (PORTUGAL)

Telefone: **61581**

# Fábrica Nacional de Condutores Eléctricos, L.da

VENDA NOVA — AMADORA

•

## CONDUTORES ELÉCTRICOS

# CEL

**Fabricados pela indústria nacional segundo as Normas de segurança das instalações de Baixa Tensão**

•

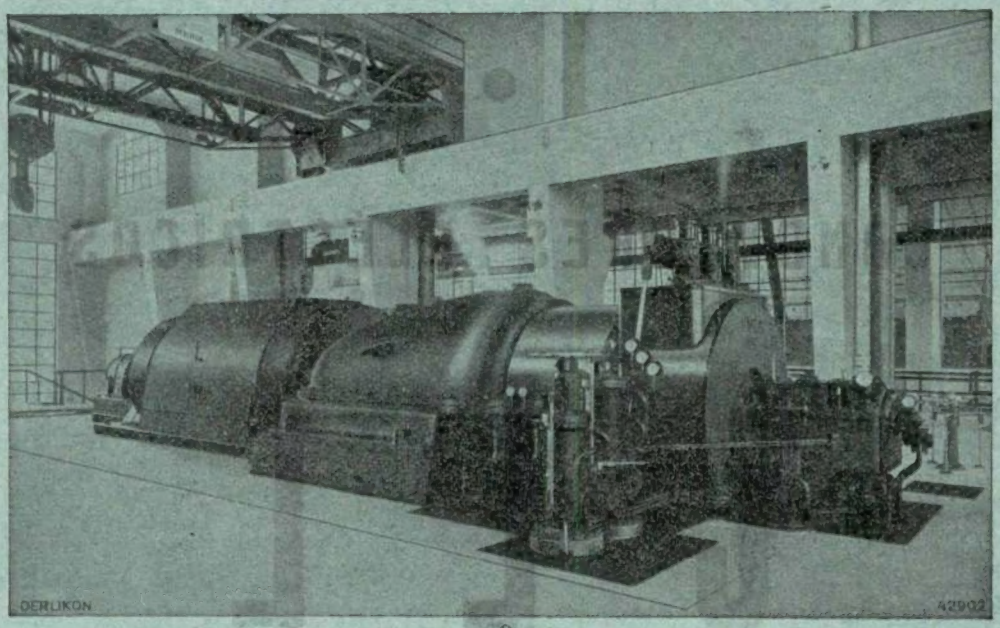
CONCESSIONÁRIOS GERAIS:

SODIL — Sociedade Distribuidora, L.da

**R. NOVA DA TRINDADE, 15-C**

**LISBOA**

# OERLIKON




**Grupo turbo-alternador Oerlikon de 30000 kW e ponte rolante de 74 t. da Central de Hameenlinna (Filândia)**

## PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos para centrais termo e hidro-eléctricas, subestações e instalações de distribuïção. Geradores e motores eléctricos de todos os tipos, transformadores, reguladores de indução, grupos convertidores, mutadores, turbinas a vapor e turbo geradores, gruas eléctricas, interruptores e aparelhos de manobra para alta e baixa tensão, aparelhos de protecção e relais de todos os tipos, equipamentos para soldadura eléctrica por arco, compressores e bombas de vácuo, electrolisadores, equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras eléctricas e diesel-eléctricas (via estreita e normal), tramwais, troley-buses, funiculares, teleféricos, etc.

**Representante Geral para Portugal e Colónias**

**P. BELLASI**

Pôrto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 968

**ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON**
**ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)**

45 816

TÉCNICA

FERNANDO MANZANARES ABECASIS

DIRECTOR

ANO XXII - N.º 174 MAIO 1947

# NOTAS HISTÓRICO-PEDAGÓGICAS SOBRE O INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

POR ALFREDO BENSAUDE

Organizador do mesmo Instituto e seu Director desde 1911 a 1920

*(Continuação)*

C. D. 37

## EXAMES FINAIS DE CURSOS

Ao iniciar estas notas lembrámos que o Instituto deveria fugir ao perigo de se tornar um viveiro de burocratas, para ser um elemento de prosperidade material do país.

Vimos depois como a organização escolar conduz à educação da vontade do aluno, desenvolvendo-lhe a aspiração de conquistar por si a independência; e como os numerosos exercícios de aplicação das disciplinas professadas tendem a dotá-lo com um saber bem assimilado, que lhe dá confiança nas suas forças.

A vontade disciplinada e a confiança no seu saber têm levado muitos dos nossos alunos a tentar por si a conquista da subsistência e estes ocupam hoje situações mais ou menos importantes na exploração mineira, em empresas metalúrgicas, nas indústrias eléctricas e nas químicas, etc. A acção da escola não podia ir mais longe, mas esta não pode impedir que alguns alunos, geralmente dos menos competentes ou enérgicos, venham acolher-se aos empregos públicos. Para o evitar normalmente, seria necessária a cooperação do Estado com a escola.

É evidente que um rapaz, dotado com as qualidades necessárias, poderá angariar a independência na indústria particular, quase sempre mais largamente do que iniciando uma carreira oficial, de retribuição diminuta embora certa. Mas se, ao sair da escola, puder escolher entre dois caminhos: um de provável êxito, mas apenas provável, e outro que só lhe assegure o pão modestamente para toda a vida, garantido pelo Estado, esse rapaz hesitará na escolha. Muitos se deixarão tentar pela segunda alternativa, tanto mais que uma alta percentagem de indivíduos com estudos superiores pertence à burocracia, classe de onde saem entre nós quase sempre os homens mais em vista, como deputados, senadores e ministros, sendo ela por isso, indiscutìvelmente, a nossa classe dirigente. Nos países mais prósperos são as classes produtoras (as que têm que perder quando é má a administração pública) aquelas cuja influência predomina.

Para os rapazes menos corajosos, a importância social da burocracia a que vão pertencer, entrando nas carreiras oficiais, compensará a modéstia económica que estas lhes oferecem, não lhes impondo todavia tão grande dispêndio de energia como seria necessário para empreenderem carreiras independentes. A nossa tendência viciosa para recorrer ao Estado a propósito de tudo transformar-se-ia num elemento de progresso da nossa instrução, desde o momento que este se decidisse a recrutar o seu pessoal entre os alunos mais competentes das escolas, como acontece em França e na Alemanha, por exemplo, onde têm igualmente grande procura os lugares públicos. Assim se reduziria o número de candidatos, porque estaria nas mãos do Estado o elevar as exigências para a sua admissão, de modo que o número de admissíveis não excedesse as necessidades duma administração pública bem organizada.

Elevar-se-ia progressivamente o valor profissional dos empregados de que o Estado não pode prescindir.

Os alunos menos brilhantes, ou seja o maior número deles, ver-se-iam obrigados a aplicar a sua actividade na exploração das riquezas naturais do continente ou das colónias, onde não faltam ocupações remuneradoras para quem queira trabalhar.

Elevar-se-ia o aproveitamento das escolas, pois muitos alunos procurariam nos seus estudos atingir as qualificações exigidas pelo Estado para os seus funcionários; e os outros frequentariam as escolas, não para alcançar um diploma, passaporte para as repartições do Estado, mas para adquirirem os conhecimentos e as aptidões necessárias para o êxito na indústria particular.

Tudo isto é evidente, mas, provàvelmente, impossível de realizar-se, pois o uso de nomear legiões de empregados desnecessários, nem sempre competentes, tem sido prática antiga de que os nossos governantes geralmente se não abstêm, nem poderão talvez abster-se.

O antídoto para esse mal vir-nos-á, se jamais vier, dum mal ainda maior: da embaraçosa situação económica do Estado, que limitará talvez o número dos muitos que vivem à custa dos poucos que produzem riqueza.

Em França é à própria escola que se deixa a escolha dos alunos, com um mínimo elevado de classificação, destinados às carreiras oficiais.

Todos os candidatos aos lugares de engenheiros do Estado passam pela Escola Politécnica de Paris, cujo papel é dotá-los com uma excelente preparação científica geral, principalmente matemática. A frequência da escola, para tais alunos, é limitada, e estes desde a data da sua matrícula são remunerados como empregados públicos. A nota obtida à saída da Escola Politécnica, assim como o número de vagas nos quadros oficiais, é que determinam qual a escola especial onde o aluno vai depois adquirir os seus conhecimentos de ciência industrial e que podem ser a Escola de Minas, de Pontes e Calçadas ou de Engenharia Naval. A excelente preparação científica, adquirida sobretudo na Politécnica de Paris, explica o grande número de homens ilustres da ciência francesa, provenientes daquela célebre escola. Este processo de recrutamento reserva, pois, para os serviços técnicos do Estado futuros homens de ciência eminentes, mas não garante que estes possuam as qualidades de acção e de capacidade técnica necessárias para o exercício da profissão de engenheiros.

O Estado limita-se a colocar esses candidatos nos quadros de engenharia, e o acesso destes depende, depois, das vagas que se vão dando. Além deste processo, há outro que consiste em admitir, de tempos a tempos, um número limitado de condutores nos quadros de engenharia.

O processo alemão é um pouco diferente e aquele que melhor garante a competência profissional dos candidatos escolhidos, tendo-se desenhado em França, sobretudo durante a guerra, um movimento a favor do recrutamento dos engenheiros oficiais semelhante ao alemão.

A frequência das escolas não é limitada; a carta de engenheiro de qualquer escola alemã não confere o direito à entrada nos quadros oficiais, por mais alta que seja a classificação do candidato; a carta só lhe confere o direito de exercer a profissão na indústria particular.

Quando o candidato aspira à carreira oficial, tem de submeter-se a outro exame, que consiste em provas técnicas e de ciência administrativa. Se é aprovado, ingressa no serviço (de engenharia civil, por exemplo), como condutor de trabalhos (*Baufuhrer*), permanecendo alguns anos nesta situação, em que adquire larga experiência. Estes condutores concorrem depois às vagas no quadro dos engenheiros por meio de novo exame, entrando nele, quando aprovados, com a categoria de *Baumeister*, mestre de construções. Para um e outro exame, a lei marca limites de idade além dos quais os concorrentes não são admitidos.

Como o número de candidatos é geralmente maior do que o de vagas, só entram para o serviço do Estado os mais competentes.

Por este sistema de recrutamento, o corpo de condutores, que, em França como entre nós, é formado por antigos alunos das escolas técnicas médias, é constituído na Alemanha por jovens diplomados nas escolas superiores; os anos de tirocínio prático a que são submetidos como condutores, antes de entrarem nos quadros de engenharia, qualificam-nos superiormente para os trabalhos mais importantes, a que vão dedicar-se depois como engenheiros oficiais.

* * *

Em Portugal, para a admissão aos serviços do Estado como engenheiros, exigia-se, ao fundar-se o Instituto, a carta do curso que nem dava garantia suficiente de uma alta cultura científica, comparável com a dos alunos da Escola Politécnica de Paris, nem de competência profissional desenvolvida na prática da condução de trabalhos, como na Alemanha.

O Instituto procurou garantir ao Estado os serviços dos seus melhores alunos, partindo da hipótese que este exigiria sempre o diploma de engenheiro, precedido de um exame, para os admitir nos quadros oficiais, estabelecendo um processo de selecção intermediário entre o francês e o alemão.

A sua lei primitiva instituíu um exame final de curso, precedido por seis meses de tirocínio como auxiliar de engenheiro. Todo o aluno que desejava o diploma do Instituto recebia da comissão pedagógica do seu curso um problema técnico a resolver: o projecto de uma via férrea, de uma ponte, o aproveitamento de uma corrente de água para produção de energia eléctrica, etc. O problema era escolhido, quanto possível, de modo a satisfazer a uma necessidade nacional actual ou futura; assim, por exemplo, um aluno elaborou, como trabalho de exame, o projecto de um porto artificial em Vila Real de Santo António; outro, o projecto de uma via eléctrica de Cascais a Sintra; um terceiro, o projecto da electrificação do caminho de ferro de Lisboa a Cascais, etc. Esse trabalho ocupava o aluno durante uns seis a oito meses e a sua execução era fiscalizada por um dos professores, especialista no assunto do projecto. Se essa espécie de tese era aceita como suficiente, o aluno era admitido a um exame sobre três cadeiras técnicas do seu curso especial, sendo uma a que mais se prendia ao assunto do seu projecto, e as duas outras à escolha do candidato.

As vantagens deste exame sobre três cadeiras fundamentais, em que o aluno passara geralmente por média, são manifestas, pois obrigava-o a rever novamente essas disciplinas, como correctivo a qualquer deficiente assimilação, mais fácil de reconhecer depois do aluno ter adquirido o sentimento das coisas técnicas, pela frequência de laboratórios e oficinas, pelos seus variados tirocínios fora da escola e durante a execução do projecto final. A organização deste exame, semelhante ao que se impõe aos alunos de muitas das boas escolas

técnicas estrangeiras, além de ser uma ameaça ao estômago dos menos competentes, que têm apenas em mira pôr-se ao abrigo das necessidades, à sombra duma repartição pública, demorava a entrada de outros na vida profissional e sobretudo contrariava as nossas tradições, segundo as quais o aluno recebe o diploma do seu curso desde que consegue a aprovação na última cadeira que o constitui.

Quando o primeiro grupo de alunos atingira o fim da parte escolar dos seus cursos, preparava-se a mobilização para a nossa entrada na guerra; e muitos deles foram encorporados no exército. Conservavam-se na escola apenas poucos alunos adiantados e muitos dos mais inexperientes dos primeiros anos.

Quando rebentou a revolução capitaneada pelo Dr. Sidónio Pais, reflectiu-se naturalmente na mocidade escolar a indisciplina que se revela mais ou menos por ocasião de todas as revoluções. O Instituto dependia do Ministério da Instrução, e era Ministro daquela pasta, no Governo ditatorial que saíra da revolução sidonista, o Sr. Dr. Alfredo de Magalhães, sendo então pessoa importante na nossa política um aluno do 2.º ano do Instituto, por essa época governador civil de Lisboa e, depois, Ministro do Trabalho e do Interior.

As condições eram pois favoráveis para que alguns, do número limitado de alunos imediatamente interessados na abolição do exame final, recorressem também à revolta, amotinando os seus camaradas dos primeiros anos para conseguir tal fim. Com efeito, um grupo numeroso dos nossos estudantes, capitaneado pelos poucos promotores do movimento, apresentou ao Sr. Ministro da Instrução Pública uma representação em que não diziam pròpriamente o que pretendiam; apenas pediam que eu fosse imediatamente demitido do lugar de director do Instituto, por ser de opinião irredutível que se não alterasse uma vírgula nas bases regulamentares da escola.

O facto de se ter uma opinião irredutível não é crime classificado, desde a abolição do tribunal do Santo Ofício; mas que o fosse, a alegação dos signatários da representação não era verdadeira; ignoravam eles decerto, mas não o ignorava o Ministro, porque, cerca dum mês antes desta ocorrência, eu lhe apresentara uma exposição de vinte e duas páginas, escritas à máquina, pedindo justamente uma série de alterações nas bases regulamentares do Instituto.

Numa representação impressa (Janeiro de 1918) é que se explicava claramente ao Conselho Escolar o que pretendiam os alunos; pediam se lhes reconhecesse o direito ao título de engenheiros, sem tirocínio, sem projecto final e sem exame, por terem passado (quase sempre) por média em anos sucessivos nas cadeiras que constituíam os seus cursos.

Note-se ainda que muitos dos alunos a quem tal concessão aproveitava tinham sido, por determinação do Governo, considerados aprovados nas cadeiras que frequentavam, quase a meio do ano lectivo, para não serem *lesados* quando encorporados no exército, embora um terço dos programas das referidas cadeiras tivesse ficado por estudar [1].

Diziam mais que o exame final de curso deveria ser uma espécie de cerimónia facultativa para aqueles que a ela desejassem submeter-se.

Tudo o que pediam seria de somenos importância conceder-lhes, se o diploma de engenheiro, conferido por uma escola nossa, se não pudesse transformar, dum momento para o outro, numa senha de jantar à mesa do orçamento.

O Ministro da Instrução que, nessa época, se propunha reformar de alto a baixo toda a nossa instrução, pelo método dos decretos insertos no *Diário do Governo,* dava o seu apoio moral aos alunos revoltados, pois declarava-se contrário à selecção efectuada à saída do Instituto, julgando que a selecção deveria limitar-se à entrada.

---

[1] Aceitava-se tàcitamente, nas regiões governamentais, como princípio axiomático, que a missão das escolas é principalmente conferir diplomas e que os alunos não são *lesados*, ficando ignorantes, desde que se lhes conferem diplomas atestando ciência que não possuem!

Nunca consegui compreender bem as ideias de S. Ex.ª, nem os princípios pedagógicos em que se fundava a sua antipatia pelos exames finais do Instituto, questão sobre a qual nunca se dignou ouvir-me [1].

Essa opinião não a colheu o Sr. Magalhães no estudo da organização das escolas de engenharia de reputação — estudo a que certamente se aplicou, ao preparar-se para reformador de toda a nossa instrução pública. Tal opinião, inconcebível num professor de ensino superior (Faculdade de Medicina do Porto), ia deitando por terra uma escola útil e creio que falhou também como meio de captar para o referido professor-estadista uma popularidade muito grande, se é que tal intuito o animava.

O Ministro encarregou de estudar o assunto um burocrata, o qual abundava nas ideias do Ministro. Faltava apenas uma formalidade para ultimar a vitória dos alunos revoltados: o assentimento do Conselho Escolar.

Ora, o Conselho Escolar encontrava-se perante o seguinte dilema: a anuência à concessão de cartas de engenheiro sem o exame respectivo, ou, no caso contrário, a demissão do director imposta pelos alunos revoltados.

Infelizmente uma pequena maioria de professores, com o intuito de evitar a expulsão do director, votou com relutância, mas votou com restrições a favor da pretensão dos alunos, no sentido de lhes serem concedidas cartas de engenheiro sem exame, durante o período de guerra e até que sobre a matéria se legislasse definitivamente. Foi um mal para evitar outro que, aos meus colegas, se afigurava talvez maior: o tornar-se a escola ingovernável; porque a demissão do director em tais condições poderia representar o primeiro passo para a anarquia.

O resultado da vitória dos alunos não se fez esperar.

Logo alguns dos que capitanearam o movimento com tanta perícia entraram para os quadros de engenharia oficial, a que talvez nunca tivessem pertencido sem essa espécie de *perdão de acto*, e, em pouco tempo, a maioria dos rapazes que entraram de boa fé no movimento compreendiam enfim que tinham servido de instrumentos para satisfazer as conveniências estreitamente egoístas de certos colegas; assim alguns mo vieram declarar, pedindo-me não abandonasse a Direcção do Instituto.

O movimento serviu sobretudo para colocar na burocracia uns tantos ex-alunos.

O bom entendimento entre professores e alunos fora até então completo, como o foi depois deste incidente.

O director entendeu que a vitória dos interessados seria excessivamente estrondosa, se ele se demitisse por sua própria iniciativa; conservou-se pois no seu posto, certo de que a concessão de diplomas em tais condições, tão contrária aos interesses verdadeiros dos bons alunos e do país, não podia deixar de ser transitória. Com efeito, na reforma do ensino técnico, decretada pouco depois pelo Sr. Dr. Azevedo Neves, foi restabelecida a legislação referente a exames finais de curso, com ligeiras alterações: conserva-se a obrigatoriedade dum projecto final e a sua discussão perante um júri; mas reduz-se o prazo do último tirocínio de seis a três meses. No entanto, a medida decretada pelo Sr. Dr. Magalhães, com a aquiescência arrancada ao Conselho Escolar, veio suspender esses exames quase completamente, de 1918 até hoje, porque o Governo entendeu dever ela aproveitar a um número considerável de alunos. Contentaram-se quase todos com serem engenheiros por uma medida legislativa excepcional, embora muitos deles sejam rapazes de bastante valor para poderem fàcilmente conquistar o diploma regular do Instituto.

Foi preciso que pelas cadeiras do poder passasse o Sr. Ernesto Navarro, que, antes e depois de ter sido Ministro, manifestou sempre interesse pela obra que representa o Instituto, para que tal medida, inconcebível em outro país, fosse enfim revogada.

---

[1] Nem mesmo me mandou comunicar a representação dos alunos; foram estes que tiveram a lealdade de me enviar uma cópia.

Deu-se, em suma, no Instituto, o mesmo fenómeno que se verificou noutras escolas. Raríssimas vezes se terão concedido em Portugal tantas dúzias de títulos académicos de favor, como na época a que nos referimos.

Eis em resumo, o modo como fracassaram parcialmente durante os últimos três anos os salutares princípios estabelecidos na regulamentação primitiva do Instituto, para que a competência dos seus alunos fosse a maior possível e apenas os melhor classificados pudessem ter acesso à burocracia.

Em 1892, numa brochura atrás citada sobre ensino técnico, dizíamos nós:

«Como estas (as repartições públicas) têm geralmente mais pessoal do que o necessário, e os recursos do Tesouro se encontram esgotados, restar-nos-á ou a emigração para os países novos, ou o aperfeiçoamento do ensino... Do excesso do mal nos virá talvez o remédio».

E o remédio, para o modo como se tem facilitado até hoje a entrada de rapazes para os serviços públicos, inutilizando-os como produtores de riqueza, vem-nos da nossa deplorável situação económica.

São as condições embaraçosas da vida nacional que obrigarão os próprios alunos a desejarem o melhor ensino possível que os habilite a desenvolver o país para não terem de emigrar, impondo ao mesmo tempo aos nossos governantes maior parcimónia na distribuição de lugares de favor.

Muitos dos nossos alunos, com efeito, tanto os regularmente diplomados, segundo a primitiva legislação do Instituto, como os outros, ocupam nas nossas indústrias situações excelentes, para onde foram impelidos, não por medidas legislativas acertadas, mas pela necessidade de ganhar a vida sem o encosto do emprego público, agora menos acessível.

*(Continua)*

# Posição geológica dos granitos portugueses

POR CARLOS TEIXEIRA

C. D. 551.7 (469)

O granito é, sem dúvida, pela extensão que ocupa e pela diversidade dos problemas geológicos e petrológicos que com ele se relacionam, a mais importante e a mais característica de todas as rochas cristalinas que afloram à superfície da Terra. São não só larguíssimas as suas aplicações e usos como material de construção, mas, além disso, liga-se com ele a génese de muitos e variados jazigos minerais de excepcional valor económico.

Tais factos podem justificar o profundo interesse e as grandes discussões que têm merecido os problemas relacionados com a geologia desta rocha [1].

A constituição mineralógica, a textura, o aspecto externo e a própria composição química dos granitos são susceptíveis de variar entre limites relativamente largos.

O nosso país fornece exemplos frisantes desta variabilidade. Extensas áreas do território português são, como é sabido, ocupadas por afloramentos de rochas graníticas. Desde os tipos mais diversos de granitos difusos ou de anatexia, aos tipos mais característicos de granitos intrusivos, podem encontrar-se aqui variedades sem número e termos de passagem entre todas as formas.

Discute-se ainda hoje qual o modo de formação desta rocha. É enigmático o processo segundo o qual se originaram os grandes maciços batolíticos, embora seja geralmente admitido que o granito passou por uma fase líquida (julgam outros que pode resultar de reacções no estado sólido) e se formou a partir da consolidação de um magma em fusão.

Considera-se, no entanto, que a profundidade a que se realizou a solidificação pode ter sido relativamente pequena. O cálculo das espessuras da capa de alguns batólitos, na ocasião da intrusão, conduziu a números que oscilam entre 600 e 6 000 metros. Em alguns casos pode mesmo ter-se formado quase à superfície.

A cristalização deve ter-se feito lentamente, sob temperaturas compreendidas entre 900 e 600° centígrados, mas abrangendo espaços de tempo bastante grandes. Compreende-se, assim, que se possam ter originado grande número de diferenciações por fraccionamento do magma inicial.

Foi destes magmas residuais que saíram os fluidos metalíferos a partir dos quais se formaram filões hidrotermais mineralizados, diversas segregações magmáticas, etc.

Crê-se, contudo, actualmente, que a metalogenia granítica não é uma fase final da granitização, mas antes fase conexa, cuja realização acompanha os diferentes estados daquela.

São, certamente, os problemas da granitização os mais apaixonantes de quantos dizem respeito ao granito.

Parece haver estreita ligação entre os fenómenos de granitização e os grandes movimentos orogénicos. Enquanto que o vulcanismo se relaciona com os períodos de fracturação da crusta, o plutonismo liga-se com os períodos de dobramentos.

Os grandes maciços batolíticos estão em relação com vindas magmáticas extraordinàriamente potentes, o que não quer dizer que não possa haver granitos resultantes de simples fusão no fundo de geossinclinais.

No maior número de vezes a granitização foi sintectónica (sincinemática) ou post-

---

(1) Vid. sobre o assunto o livro, recentemente publicado, de E. Raguin — *La Géologie du Granite* — Paris, 1947.

-tectónica, e, neste último caso, ligeiramente posterior aos grandes movimentos orogénicos. Admite-se, contudo, a existência de casos de granitos atectónicos, embora raros.

Verifica-se, de modo geral, que o plutonismo granítico foi seguido por uma fase de vulcanismo. Assim, os fenómenos vulcânicos que atingiram no Pérmico grande intensidade seguiram-se às grandes vindas graníticas do Carbónico. O mesmo se dá com o vulcanismo cenozóico, que sucede à formação dos batólitos do final do Cretácico ou do Eocénico inferior.

Concebe-se que quando os granitos de um ciclo orogénico acabaram de consolidar possam existir, ainda, nas regiões profundas, focos activos, os quais actuarão como centros de vulcanismo. Pode admitir-se, assim, que o vulcanismo pérmico para o ciclo hercínico da Europa, o vulcanismo cenozóico para o ciclo alpino, representam a fase final do plutonismo correspondente.

Admite-se hoje que a actividade hidrotermal metalogenética e o vulcanismo derivam, até certo ponto, dos acontecimentos passados em regiões profundas que prepararam ou que se seguiram à formação dos granitos.

Os jazigos metalíferos que parecem estar em relação mais ou menos directa com o granito são muito variados: jazigos de inclusão, de segregação, pirometasomáticos, pegmatíticos, pneumatolíticos, hipotermais, mesotermais, teletermais, etc.

A destruição das rochas graníticas pela erosão permitiu a formação posterior de importantes jazigos sedimentares.

Curioso é o facto de os granitos serem mais radioactivos que as outras rochas. As concentrações de minérios da série do urânio e da série do tório relacionam-se com as rochas graníticas.

O estudo da estrutura dos maciços graníticos — a «tectónica do granito» — constitui hoje um capítulo importante da Geologia.

As acções de compressão, se a rocha estava ainda na fase plástica, explicam a orientação dos elementos e certo aspecto de xistosidade que se observam em alguns granitos. Se a rocha estava consolidada ter-se-ão originado fissuras, juntas ou diaclases, muitas vezes preenchidas, em seguida, por produtos diferenciados do magma, constituindo filões.

Os granitos são rochas tectònicamente frágeis. Acções compressivas mais fortes esmagam-nos e milonitizam-nos.

Por outro lado, os agentes meteóricos atacam-nos com facilidade, alteram os seus componentes, desagregam a rocha.

Os problemas da geologia dos granitos, das suas relações no espaço e no tempo constituem assunto de especial interesse científico.

Quanto aos granitos portugueses, embora o conhecimento que deles temos seja ainda imperfeito, muitos são, contudo, os factos apurados e averiguados que servem de base para a interpretação da sua posição geológica.

Além dos extensos afloramentos graníticos de origem antiga, ante-mesozóicos, dentro dos quais se encontram as mais variadas fácies petrográficas, existem outros mais modernos, post-jurássicos, separados daqueles, aflorando isoladamente.

Os granitos antigos, cuja consolidação se fez antes do final do Paleozóico, constituem a ossatura principal da parte portuguesa do Maciço Hespérico. Correspondem, sem dúvida, a intrusões diferentes, embora seja impossível com os elementos actuais delimitá-las.

O facto de existirem calhaus de granito nos conglomerados da base do Estefaniano médio dos arredores do Porto, é prova de que anteriormente à deposição deles havia já afloramentos graníticos nas vizinhanças. Foram estes granitos que forneceram, também, o material que deu origem às possantes camadas de arcose daquela formação carbonífera.

Mas, por outro lado, os depósitos do Estefaniano médio e outras formações mais antigas que os acompanham, foram cortados e metarmofizados em vários pontos por uma intrusão granítica. O fenómeno é bem visível nos arredores do Porto (S. Pedro Fins),

onde se deu importante compressão (fig. 1), e na região da Queiriga (Viseu), em que o afloramento carbonífero (fig. 2) foi cortado em dois e os depósitos profundamente metamorfizados. Houve, pois, nova intrusão granítica posterior à deposição do Estefaniano médio.

De igual modo, podem observar-se nos depósitos retianos da mesma região calhaus de granito e de pórfiro granítico. Quer nas formações autunianas, quer nas do Retiano abundam as areias graníticas, encontrando-se às vezes, no complexo detrítico, grandes cristais de feldespato quase intactos.

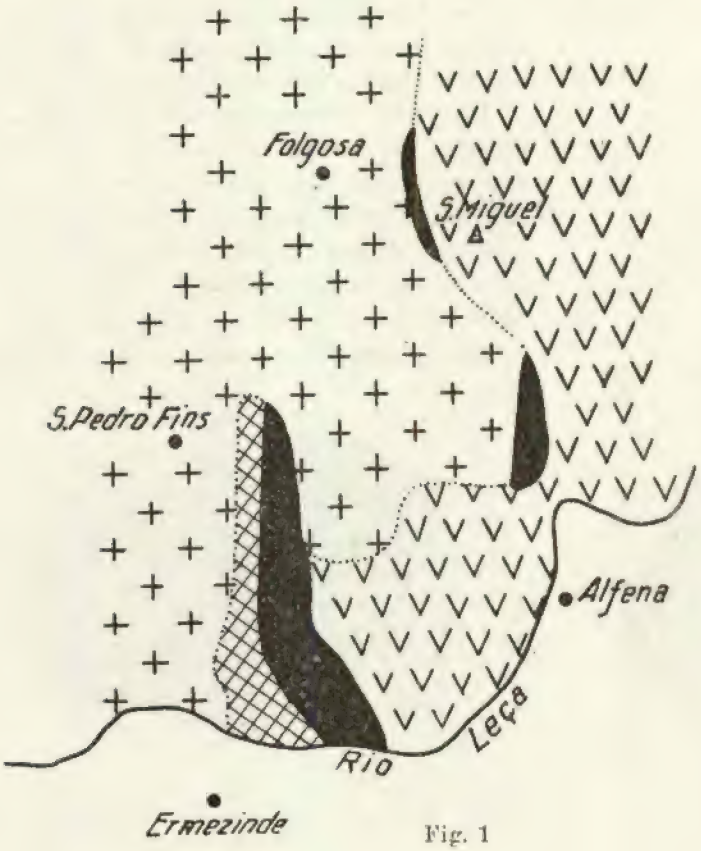



Fig. 1

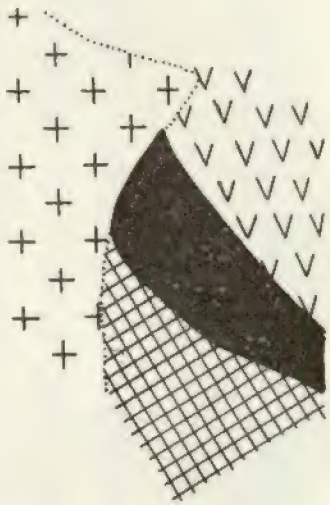


Fig. 2

+++ — Granito

— Formações ante-silúricas

VVV — Formações silúricas

— Formações do Estefaniário médio

Por outro lado, nos conglomerados do Autuniano inferior do Buçaco encontram-se calhaus rolados de granito (fig. 3), turmalínico, de grão fino, e outros de pegmatito granítico, com grandes cristais de feldespato róseo (fig. 4).

Havia, portanto, já no início do Pérmico afloramentos graníticos e pegmatíticos nos arredores do Buçaco.

Nos granitos anteriores ao Estefaniano médio poderão estar compreendidas rochas ante-silúricas. Junto de Castelo de Vide, ao

Sul do Tejo, observa-se, segundo relata Pierre Birot, um pequeno afloramento granítico sobre o qual parecem assentar em discordância depósitos silúricos, cuja formação seria posterior, segundo aquele autor, à consolidação do granito.

Contudo, a maioria dos granitos minhotos e transmontanos são, seguramente, post-silúricos, pois metamorfizaram as formações deste período.

Em muitos pontos o granito aparece cortado por filões os mais diversos, uns

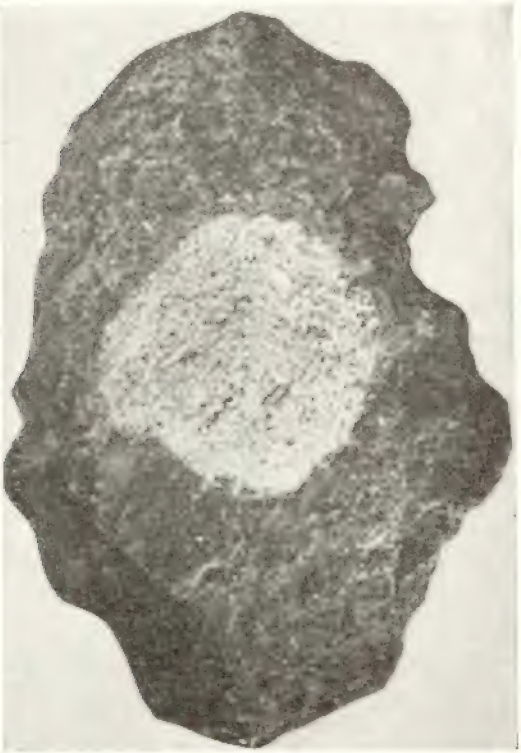


Fig. 3 — Fragmento de granito turmalínico, de grão fino, no seio do conglomerado autuniano. Pedreira, na estrada de Moura para o Luso (Cam. 17) — Buçaco.

aplíticos, outros porfíricos ou pegmatíticos, outros lamprofíricos ou doleríticos e mesmo basálticos. São rochas incontestavelmente posteriores à consolidação do granito, que se formaram em fendas provenientes da fracturação daquele e em épocas diferentes.

Os filões doleríticos, por exemplo, mantêm certa constância de orientação e ocorrem por toda a parte. Há-os nos granitos do Minho e nos da Beira e de Trás-os-Montes. É provável que sejam todos da mesma idade, posteriores à formação dos granitos que metamorfizaram o Estefaniano médio, conforme se deduz do facto de haver numerosos filões desta natureza que atravessam os granitos da região do Gafanhão.

Há filões de quartzo que cortam os filões doleríticos, e que são, portanto, posteriores. Mas, por outro lado, observam-se em muitos pontos filões pegmatíticos que foram cortados pelos filões doleríticos. É, assim, possível conhecer a idade relativa destas rochas.

Durante a deposição das camadas estefanianas formaram-se, em alguns pontos, espessos mantos de pórfiros graníticos, como os que ocorrem em São Pedro da Cova e Midões. Estas rochas são posteriores às primeiras camadas estefanianas, mas são anteriores às camadas mais elevadas, em cuja composição entram calhaus do pórfiro.

Fig. 4 — Fragmento de pegmatito granítico do conglomerado autuniano. Mesma proveniência da amostra da figura anterior.

A fracturação do maciço granítico deve ter sido provocada pela compressão saálica, responsável também pelo dobramento das camadas autunianas do Buçaco, cuja orientação coincide com o rumo Norte-Sul. E se se reparar que os dobramentos das formações portuguesas siluro-devono-estefanianas então orientados na direcção NO.-SE. poderá concluir-se que não resultaram do mesmo movimento. O facto de aparecerem calhaus de granito e areias graníticas nos depósitos autunianos do Buçaco mostra, como disse, que aquela rocha aflorava na região. Nada contradiz, antes há todas as razões para supor que o maciço granítico das Beiras estava, nesta altura, não só

definitivamente constituído mas que a erosão o puzera já largamente a descoberto.

A formação dos filões doleríticos e basálticos corresponde à fase de vulcanismo posterior à intrusão granítica. Os depósitos de diferentes minérios (azurite, malaquite, etc.) que ocorrem nas camadas da base do Mesozóico português podem estar ligados com a erosão da parte superior de filões originados nesta ocasião.

Liga-se com as intrusões graníticas a formação de muitos jazigos minerais portugueses. Do mesmo modo que não se pode considerar uma intrusão granítica única, é de crer que a formação de tais jazigos se tenha prolongado e prosseguido mesmo durante os tempos mesozóicos.

Granitos post-paleozóicos encontram-se no Maciço de Sintra. A intrusão deslocou os calcáreos jurássicos, podendo concluir-se, por outros dados, que foi posterior ao Turoniano.

A formação do «batólito» deve relacionar-se com a fase de plutonismo do final do Cretácico, à qual se seguiram abundantes manifestações de vulcanismo, evidenciadas pelos mantos basálticos da região de Lisboa, cuja idade está compreendida entre o final do Cretácico e a base do Miocénico.

Quanto ao estado de conservação, encontram-se no nosso país todos os tipos de granitos, desde a rocha sã, com os elementos intactos, até aos estados mais avançados de alteração geo-química.

Podem encontrar-se no mesmo maciço, no mesmo afloramento, no mesmo local, ao lado da rocha sã, estados diferentes desta alteração.

Algumas das mais importantes explorações de caulino, como as dos arredores do Porto, utilizam como processo de extracção a lavagem de granitos profundamente alterados e consequente decantação. Os processos químicos destas alterações são variados, em muitos aspectos desconhecidos ou mal interpretados ainda.

Em certos casos verifica-se que a alteração é relativamente recente. Pode referir-se o exemplo dos granitos dos arredores do Porto, acima citados. Nalguns pontos, notam-se entre os elementos de formações superficiais pliocénicas, assentes sobre aquele granito, grandes blocos rolados da rocha sub-jacente e como esta completamente caulinizados e apodrecidos. O apodrecimento é, indiscutìvelmente, posterior à formação do depósito superficial e relaciona-se, talvez, com acções climáticas.

*

Os factos apontados permitem, pois, afirmar a existência, no nosso país, de diferentes fases de granitisação.

É lógico pensar em intrusões graníticas ante-silúricas, mas o que sobre elas se pode dizer não vai muito além do domínio da hipótese.

Na altura em que se depositaram as formações do Estefaniano médio dos arredores do Porto, havia já afloramentos graníticos na região, dos quais proveio grande parte do material detrítico daqueles depósitos. É difícil avaliar a idade de tais rochas e apenas se podem fazer conjecturas. Granitos ante-silúricos? Granitos post-silúricos, provàvelmente astúricos? Esta segunda hipótese encontra certo apoio no facto de ocorrerem nos conglomerados carboníferos do afloramento dúrico-beirão fragmentos rolados de xistos de fácies silúrica profundamente metamorfisados e cheios de cristais de quiastolite.

Não há dúvida que muitos dos afloramentos graníticos do norte do país são nìtidamente post-silúricos, pois cortam e metamorfizam as rochas do silúrico superior.

É evidente a existência de uma grande intrusão granítica posterior à deposição das camadas do Estefaniano médio dúrico-beirão. Os fenómenos de São Pedro Fins e da Queiriga e as acções de metamorfismo que se observam em diversos pontos mostram a importância desta fase de granitisação.

Mas, por outro lado, na altura em que se formaram os depósitos do Autuniano inferior do Buçaco havia afloramentos graníticos nas visinhanças, o que permite supor que o maciço das Beiras se formou durante os últimos tempos do Carbónico.

Acções orogénicas posteriores ao Carbónico, ao mesmo tempo que dobraram as camadas autunianas provocaram a fracturação do maciço granítico. Pelas fracturas originadas irromperam produtos magmáticos de diferente natureza.

Algumas destas fracturas devem ter tido, mais tarde, importância capital no arranjo da morfologia das regiões do litoral e certas disposições geológicas que se observam nas orlas meso-cenozóicas portuguesas podem estar, em grande parte, relacionados com elas.

No final do Paleozóico o território português estendia-se mais para Oeste; as Berlengas não são senão restos das terras que, então, continuavam o Maciço Hespérico para este lado e cujo afundimento pode explicar-se pelo jogo posterior das fracturas acima referidas, originadas pela compressão saálica. A movimentação dos compartimentos litorais iniciou-se antes do Liássico, pois foi sobre o granito que, como se vê na região de Peniche, se depositaram as formações deste período.

Quanto à intrusão do maciço de Cintra, as relações com os depósitos sedimentares vizinhos permitem concluir que foi posterior ao Turoniano mas que estava já formado quando se originaram os conglomerados «oligocénicos». Supõe-se que se tenha originado no final do Cretácico, devendo ligar-se com êle a formação das rochas eruptivas de Sines e, possìvelmente, a do maciço de Monchique.

O estudo dos granitos portugueses está, em grande parte, por fazer. Mas, se desde o ponto de vista petrográfico é insuficientíssimo o conhecimento que temos deles, muito maior é esta deficiência no que diz respeito à tectónica.

Nada se fez ainda sobre a «tectónica profunda» e sobre a «microtectónica» das formações graníticas portuguesas. Contudo, os ensinamentos que tais investigações deveriam trazer, a avaliar pelos resultados obtidos noutras regiões, seriam, sem dúvida, preciosos.

Uma carta em escala conveniente em que se pudessem marcar, por exemplo, não só as diferenciações petrográficas da rocha, mas, sobretudo, em que se registassem as fracturas e os filões que a atravessam, indicando a natureza e a orientação destes, havia de permitir deduzir importantíssimas conclusões geológicas, tectónicas e mineiras.

E quantos outros aspectos tectónico-geológicos, mereciam estudo conveniente e aprofundado!

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Abril de 1947.

# Frequencímetros electrodinâmicos de indução[1]

## Princípios em que se baseia a sua construção

PELO ENG.º ELECTROTÉCNICO (I. S. T.) BENJAMIM DA CONCEIÇÃO MENDONÇA

C. D. 621.317.361.082.74

Todos, os que lidam com aparelhos de medida de quadro nas Centrais eléctricas, conhecem os frequencímetros de ponteiro que vieram substituir os frequencímetros de lâminas pela maior precisão das suas indicações e pela facilidade que oferecem de se poder construir aparelhos registadores de um tão importante factor das redes de distribuição de energia eléctrica como é a sua frequência.

O frequencímetro de indução, como abreviadamente é conhecido, é um aparelho relativamente moderno. O conhecimento da sua teoria quase que está circunscrito aos engenheiros das casas construtoras, não tendo, por isso, feito a sua aparição nos tratados clássicos de aparelhos e métodos de medida eléctrica. Julgamos, portanto, não ser despropósito procurar divulgar tanto quanto possível os fundamentos teóricos da sua construção.

O *Princípio do electrodinamómetro* e a *Teoria do Voltímetro de indução* forneceram os elementos essenciais que presidiram à construção desta espécie de frequencímetros.

Foi precisamente a deficiência fundamental do Voltímetro de indução, que levou ao abandono do seu emprego, que serviu à maravilha para ser aproveitada como uma grande qualidade na construção do moderno frequencímetro electrodinamométrico de indução. A deficiência principal do Voltímetro de indução consiste principalmente em que as suas indicações são largamente afectadas pelas variações da frequência da rede, o que se procurou aproveitar na construção dos citados frequencímetros. Podia supor-se à primeira vista que em virtude deste defeito do Voltímetro de indução se poderia aproveitar este mesmo aparelho para indicador de frequências; mas, como não é este o único defeito que apresenta, pois, além da deficiência apontada, o Voltímetro, sendo naturalmente um aparelho influenciado pelas variações da tensão, é também muito influenciado pela variação da temperatura, e, portanto, pela variação da sua resistência interna pelo que, se a sua escala fosse graduada em ciclos de frequência, as suas indicações seriam falseadas a cada momento. Recorreu-se, portanto, à combinação dos dois princípios acima indicados, o que permitiu a construção de um aparelho em que tanto as variações da tensão como as da corrente não tivessem influência nas indicações da frequência, sendo as variações da resistência interna devido às variações da temperatura absolutamente despresíveis. É claro que a subtracção da influência das variações da tensão da rede nas indicações do aparelho está condicionada até o limite em que essa variação seja incapaz de criar um campo suficiente para vencer as resistências passivas da equipagem móvel e que a sua elevação seja tal que origine correntes que as secções dos condutores não comportem o seu aumento.

Esquemàticamente estes aparelhos compreendem um campo indutor alternativo criado por um electro-iman de bobinas fixas e de uma equipagem móvel composta de duas bobinas, formando dois circuitos com-

---

(1) Publicado na *Revista Electrotécnica*, órgão «De la Associacion Argentina de Electrotecnicos y del Comité Electrotecnico Argentino», no n.º 12, de Dezembro de 1944 — Buenos Aires.

pletamente independentes, como mostra a figura 1. Uma destas bobinas liga directamente à rede, formando com as bobinas do electro-iman indutor, o electrodinamómetro pròpriamente dito e a outra bobina forma um circuito independente da rede e está fechado sobre uma auto-indução externa, onde circulam as correntes induzidas, geradas nesta bobina pela acção do campo indutor alternativo e cuja acção de presença é de capital importância no funcionamento

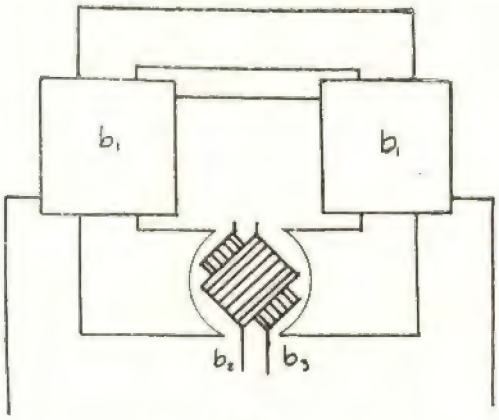



Fig. 1

do aparelho. As equipagens móveis podem ser constituídas por bobinas cruzadas em sentido perpendicular, fig. 1, ou em sentido paralelo conforme mostra a fig. 2.

A bobina electrodinamométrica é constituída por fio de menor secção do que o da bobina de indução. A primeira pode-se considerar a bobina de tensão e a segunda a da intensidade.

A bobina, que fornece o campo indutor, será designada por $b_1$, fig. 2; a bobina de tensão, que é considerada como a *bobina activa,* será designada por $b_2$ e a bobina de indução, a que se chama a *bobina orientadora ou directora,* é a que fornece o binário antagonista e designá-la-emos por $b_3$.

Ambas as bobinas $b_2$ e $b_3$ estão montadas sobre o mesmo eixo, sendo, portanto, solidárias com a respectiva agulha indicadora.

Nos aparelhos, em que as bobinas são cruzadas, $b_2$ e $b_3$, não existe núcleo; naqueles em que as bobinas $b_2$ e $b_3$ são sobrepostas, existe núcleo pelo que neste caso o campo indutor se torna radial. No entanto, como veremos no decorrer deste estudo, em qualquer dos casos o ângulo do desvio é independente da respectiva função sinusoidal.

Em série com as bobinas $b_2$ e $b_3$ encontram-se as bobinas de auto-indução.

Com o fim de aumentar a sensibilidade dos aparelhos a auto-indução do circuito $b_2$ é substituída por um condensador de valor apropriado. Veremos os artifícios empregados para conseguir este objectivo.

Eis de uma forma resumida a constituição dos frequencímetros electrodinamométricos de indução. Vamos agora ver o seu funcionamento sob o ponto de vista analítico. Para mais facilidade na dedução dos cálculos vamos considerar o caso das bobinas paralelas, conforme está representado esquemàticamente na fig. 3, mostrando a fig. 2 como se fazem as ligações. A bobina $b_1$ cria o campo indutor $H_1$, onde se movem as bobinas $b_2$ e $b_3$ da equipagem móvel. Tanto a bobina $b_1$ como o circuito da bobina $b_2$ estão ligados à rede sob a mesma tensão E. Consideraremos como valores instantâneos das correntes que circulam em $b_1$, $b_2$ e $b_3$ as quantidades $i_1$, $i_2$ e $i_3$. As resistências ohmicas dos circuitos das três bobinas são respectivamente $R_1$, $R_2$ e $R_3$ e os valores das auto-induções dos três sistemas serão representadas por $L_1$, $L_2$ e $L_3$. A pulsação da corrente na rede, correspondente à frequência f, será represen-

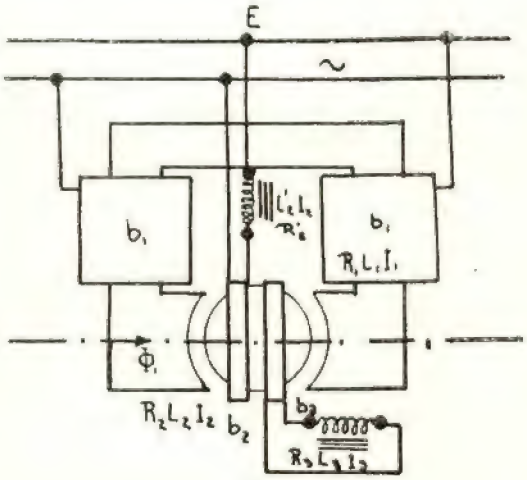



Fig. 2

tada pelo seu símbolo usual $\omega$ e será, portanto, igual a

$$\omega = 2\,\pi\,f = \frac{2\,\pi}{T}$$

Suponhamos que a equipagem móvel, constituída pelas bobinas $b_2$ e $b_3$, sob a acção do campo indutor $H_1$, se deslocou em

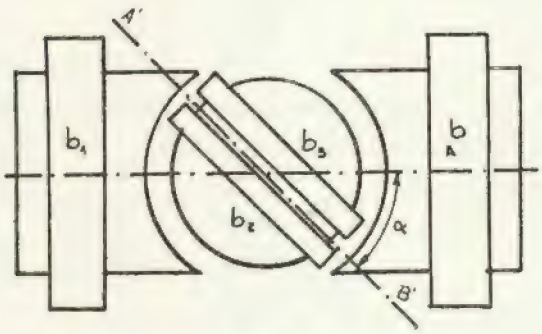



Fig. 3

relação ao eixo AB do ângulo $\alpha$, e veio ocupar a posição A'B', fig. 3. O campo $H_1$ dará origem a um fluxo $\Phi_1$.

Durante este deslocamento cada uma das bobinas $b_2$ e $b_3$ criou um binário $C_2$ e $C_3$. O equilíbrio da equipagem móvel no campo $H_1$ resulta precisamente da acção antagonista destes dois binários e corresponde a um determinado valor da frequência da rede.

Teremos, portanto, para cada valor da frequência f, que actue na equipagem móvel do aparelho, a seguinte expressão

$$C_2 + C_3 = O \qquad (1)$$

Esta é a condição de equilíbrio da respectiva equipagem. O binário $C_2$ é considerado o binário activo, e $C_3$ será, por consequência, o binário antagonista, que nos outros aparelhos de medida é desenvolvido pelas suspensões e espirais metálicas.

Como é necessário assegurar às bobinas $b_2$ e $b_3$ a condutibilidade eléctrica com as partes dos respectivos circuitos fixos, esta é conseguida por meio de espirais metálicas de binário pràticamente nulo para que as suas deformações não possam influir no deslocamento da equipagem móvel.

Vamos, pois, ver as condições em que cada uma das bobinas $b_2$ e $b_3$ actua em relação à bobina $b_1$ que cria o campo indutor $H_1$.

Consideremos em primeiro lugar a bobina electrodinamométrica $b_2$, que está ligada directamente à rede.

A bobina $b_2$ será percorrida pela corrente $i_2$ e a bobina $b_3$ pela corrente $i_3$. Cada uma destas bobinas é constituída por $n_2$ e $n_3$ espiras.

A bobina $b_1$ é percorrida pela corrente $i_1$ e é constituída por $n_1$ espiras

Consideremos, para facilidade dos cálculos, as bobinas $b_2$ e $b_3$ como tendo a mesma altura h e a mesma largura l. A sua superfície será, portanto, igual a

$$s = h\,.\,l \qquad (2)$$

A força resultante da acção electrodinâmica do campo $H_1$ e da corrente $i_2$ ao longo das $n_2$ espiras da bobina $b_2$ terá por expressão

$$F = H_1\, i_2\, n_2\, h$$

Esta força F criará na respectiva bobina $b_2$ um binário que será igual a

$$C_2 = F\,.\,l = H_1\, i_2\, n_2\, h\, l = H_1\, i_2\, n_2\, s \qquad (3)$$

no ponto de equilíbrio da respectiva equipagem.

O fluxo $\Phi_1$ que penetra na face s da bobina $b_2$ sob o campo radial $H_1$ e no ponto do ângulo $\alpha$ do deslocamento da equipagem será igual a

$$\Phi_1 = -\,H_1\, s$$

Se a bobina $b_2$ sob à acção de uma variação da frequência se deslocar do ângulo $d\alpha$, esta variação provocará uma variação $d\Phi_1$ do respectivo fluxo e o trabalho elementar devido a este deslocamento será igual a

$$dT = i_2\, d\Phi_1$$

Mas, como

$$d\Phi_1 = H_1\, s\, d\alpha$$

teremos que

$$dT = H_1\, i_2\, s\, d\alpha$$

Este é o trabalho devido a uma espira. Mas, como a bobina $b_2$ tem $n_2$ espiras, este trabalho elementar virá aumentado $n_2$ vezes.

Logo, teremos que o trabalho elementar total será igual a

$$dT = H_1\, i_2\, n_2\, s\, d\alpha = C_2\, d\alpha \qquad (4)$$

Como já dissemos, o equilíbrio da equipagem não se faz desenvolvendo binários de torsão, produzidos pela a acção de espirais metálicas, como sucede vulgarmente nos aparelhos electrodinâmicos e em quase todos os aparelhos electromagnéticos. O binário antagonista é fornecido pela bobina de indução $b_3$, montada sobre a bobina $b_2$ a qual, para facilidade dos cálculos, supozemos colocada paralelamente à bobina $b_2$.

De modo que para a variação $d\alpha$ do ângulo $\alpha$, o trabalho desenvolvido pela acção antagonista da bobina $b_3$ será igual a

$$dT = C_3\, \alpha\, d\alpha$$

De forma qne no momento do equilíbrio temos

$$dT - C_3\, \alpha\, d\alpha = O$$

Introduzindo o valor da equação (4) nesta equação teremos

$$C_2\, d\alpha - C_3\, \alpha\, d\alpha = O$$

ou

$$C_2 = C_3\, \alpha \qquad (5)$$

Esta equação dá-nos o equilíbrio instantâneo dos binários que actuam na equipagem móvel do aparelho.

Vamos determinar o valor do binário $C_3$, desenvolvido pela bobina de indução $b_3$.

Como ficou estabelecido, a superfície da bobina $b_3$ é igual à da bonina $b_2$, e, portanto, igual a $s$ e está sujeita ao mesmo campo indutor $H_1$ produzido pelas bobinas $b_1$ do electro-iman indutor, e o seu número de espiras é $n_3$, que a resistência ohmica do respectivo circuito é expressa por $R_3$ e o coeficiente de auto-indução será representado por $L_3$.

A corrente instantânea que circula neste circuito terá o valor $i_3$.

Sendo $n_1$ o número de espiras da bobina $b_1$, que cria o campo indutor $H_1$, $i_1$ a corrente instantânea que as percorre, o campo uniforme, onde as bobinas $b_2$ e $b_3$ se movem, será igual a

$$H_1 = 4\, \pi\, n_1\, i_1 \qquad (6)$$

O fluxo que penetra na face da bobina $b_3$ é igual a

$$\Phi_1 = H_1\, s = 4\, \pi\, n_1\, i_1\, s$$

A f. e. m. induzida na bobina $b_3$ pela variação do fluxo $\Phi_1$ será igual a

$$e_3 = -\frac{d\,\Phi_1}{dt} = -4\, \pi\, n_1\, s\, \frac{di_1}{dt}$$

Mas, por outro lado temos que

$$e_3 = R_3\, i_3 + L_3\, \frac{di_3}{dt}$$

pelo que

$$-4\, \pi\, n_1\, s\, \frac{di_1}{dt} = R_3\, i_3 + L_3\, \frac{di_3}{dt} \qquad (7)$$

O binário electrodinâmico que se exerce a cada instante entre o campo $H_1$ e a corrente $i_3$ da bobina $b_3$ será igual a

$$C_3 = H_1\, s\, n_3\, i_3$$

O binário médio será representado pela expressão

$$C_{m3} = n_3\, s\, \frac{1}{T} \int_0^T H_1\, i_3\, dt = \\ = 4\, \pi\, n_1\, n_3\, \frac{1}{T} \int_0^T i_1\, i_3\, dT \qquad (8)$$

Nesta expressão temos duas quantidades variáveis que são $i_1$ e $i_3$ e que vamos determinar.

Para isso vamos considerar que a corrente $i_1$, que percorre as bobinas indutoras $b_1$, é de natureza sinusoidal e que, portanto, o seu valor eficaz será representado por $I\sqrt{2}$.

Logo temos que

$$i_1 = I\sqrt{2}\, .\, sen\, \omega t \qquad (9)$$

sendo $\omega$ a pulsação da corrente da rede.

Derivando a expressão (9) vem

$$\frac{di_1}{dt} = I\sqrt{2}\ \omega\ cos\ \omega t = \\ = -I\sqrt{2}\ \omega\ sen\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \tag{10}$$

Introduzindo este valor na equação (7) obtém-se

$$-4\ \pi\ n_1\ s\left[-I\sqrt{2}\ \omega\ sen\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)\right] = \\ = R_3\ i_3 + L_3\frac{di_3}{dt}$$

ou

$$4\ \pi\ n_1\ s\ I\sqrt{2}\ \omega\ sen\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = \\ = R_3\ i_3 + L_3\frac{di_3}{dt} \tag{11}$$

Fica-nos $i_3$ por determinar, o que vamos fazer, determinando o seu valor em função de $I\sqrt{2}$ para tornar homogénea a equação (8). Para resolver a equação (11) atribuiremos a $i_3$ uma solução arbitrária e, para isso, suporemos que $\mathscr{I}$ é essa solução que introduziremos em (11) e virá então

$$4\ \pi\ n_1\ s\ I\sqrt{2}\ \omega\ sen\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = \\ = R_3\ \mathscr{I} + L_3\frac{d\mathscr{I}}{dt} \tag{12}$$

Subtraindo membro a membro (11) e (12) vem

$$R_3\ i_3 - R_3\ \mathscr{I} + L_3\frac{di_3}{dt} - L_3\frac{d\mathscr{I}}{dt} = 0$$

Isto é,

$$R_3\ (i_3 - \mathscr{I}) + L_3\frac{d\ (i_3 - \mathscr{I})}{dt} = 0 \tag{13}$$

Façamos

$$i_3 - \mathscr{I} = u \tag{14}$$

e introduzamos em (13) e teremos que

$$R_3\ u + L_3\frac{du}{dt} = 0$$

donde

$$R_3\ u = -L_3\frac{du}{dt}$$

ou

$$\frac{du}{u} = -\frac{R_3}{L_3}dt$$

cuja integração dá

$$u = K\ .\ e^{-\frac{R_3}{L_3}\ .\ t} \tag{15}$$

Introduzindo este valor em (14) virá

$$i_3 = \mathscr{I} + K\ .\ e^{-\frac{R_3}{L_3}\ t} \tag{16}$$

Temos assim a solução geral da equação (13) que nos vai permitir a determinação do valor da corrente $i_3$.

Como considerámos $i_1$ sinusoidal, $\mathscr{I}$ deve também ser uma função sinusoidal.

Podemos, pois, fazer

$$\mathscr{I} = A\ sen\ \omega t + B\ cos\ \omega t \tag{17}$$

em que A e B são constantes arbitrárias, cujos valores serão determinados pelas condições que se vierem a estabelecer.

Da substituição em (12) de $\mathscr{I}$ pela solução particular (17) resulta :

$$R_3\ (A\ sen\ \omega t + B\ cos\ \omega t) + \\ + L_3\frac{d\ (A\ sen\ \omega t + B\ cos\ \omega t)}{dt} = \\ = 4\ \pi\ n_1\ s\ I\sqrt{2}\ \omega\ sen\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

ou

$$R_3\ A\ sen\ \omega t + R_3\ B\ cos\ \omega t + \\ + L_3\ \omega\ A\ cos\ \omega t - L_3\ \omega\ B\ sen\ \omega t = \\ = 4\ \pi\ n_1\ s\ I\sqrt{2}\ \omega\ sen\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

donde

$$(R_3\ A - L_3\ B\omega)\ sen\ \omega t + \\ + (R_3\ B + L_3\ A\omega)\ cos\ \omega t = \\ = 4\ \pi\ n_1\ s\ I\sqrt{2}\ \omega\ sen\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \tag{18}$$

Esta equação permite-nos estabelecer as condições sob as quais se podem determinar as constantes arbitrárias A e B.

Conforme o caso de ser

$$\omega t = \frac{\pi}{2} \qquad \text{ou} \qquad \omega t = O$$

assim teremos:

*Primeiro caso:* $\omega t = \frac{\pi}{2}$

será

$$sen\ \omega t = 1\ ; \quad cos\ \omega t = O\ ; \quad sen\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = O$$

e assim a equação (18) tornar-se-á

$$R_3\ A - L_3\ B\ \omega = O$$

donde

$$R_3\ A = L_3\ B\ \omega$$

e teremos que

$$A = \frac{L_3\ \omega}{R_3}\ B \qquad (19)$$

*Segundo caso:* $\omega t = O$

será

$$sen\ \omega t = O,\ cos\ \omega t = 1,\ sen\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = 1$$

e a equação (18) reduzir-se-á a

$$R_3\ B + L_3\ A\ \omega = -\ 4\ \pi\ n_1\ s\ I\sqrt{2}\ \omega$$

Introduzindo nesta equação o valor de A indicado da expressão (19) teremos

$$B = -\ 4\ \pi\ n_1\ s\ I\sqrt{2}\ \omega\ \frac{R_3}{R_3^2 + L_3^2\ \omega^2} \qquad (20)$$

O valor de A obtém-se introduzindo o valor da expressão (20) na equação (19) e então vem

$$A = \frac{L_3\ \omega}{R_3}\left[-\ 4\ \pi\ n_1\ s\ I\ \sqrt{2}\ \omega\ \frac{R_3}{R_3^2 + L_3^2\ \omega^2}\right] =$$

$$= -\ 4\ \pi\ n_1\ s\ I\sqrt{2}\ \frac{L_3\ \omega^2}{R_3^2 + L_3^2\ \omega^2} \qquad (21)$$

Conhecidos assim os valores de A e B podem estes ser substituídos na equação (17) pelos valores indicados nas expressões (20) e (21) e virá

$$\mathcal{J} = -\ \frac{4\ \pi\ n_1\ s\ I\sqrt{2}\ \omega}{R_3^2 + L_3^2\ \omega^2}\left(L_3\ \omega\ sen\ \omega t + R_3\ cos\ \omega t\right) \qquad (22)$$

Ora é conhecido que

$$tg\ \varphi = \frac{L_3\ \omega}{R_3} = \frac{sen\ \varphi}{cos\ \varphi}$$

e como

$$\frac{1}{cos^2\ \varphi} = 1 + tg^2\ \varphi \quad \text{e} \quad \frac{1}{sen^2\ \varphi} = 1 + cotg^2\ \varphi$$

teremos que

$$cos^2\ \varphi = \frac{1}{1 + tg^2\ \varphi} = \frac{1}{1 + \frac{L_3^2\ \omega^2}{R_3^2}} = \frac{R_3^2}{R_3^2 + L_3^2\ \omega^2}$$

Desta expressão deduz-se que

$$R_3^2 = cos\ \varphi\ \sqrt{R_3^2 + L_3^2\ \omega^2} \qquad (23)$$

Da mesma forma

$$sen^2\ \varphi = \frac{1}{1 + cotg^2\ \varphi} = \frac{1}{1 + \frac{1}{tg^2\ \varphi}} =$$

$$= \frac{tg^2\ \varphi}{1 + tg^2\ \varphi} = \frac{L_3^2\ \omega^2}{R_3^2 + L_3^2\ \omega^2}$$

donde se tira que

$$L_3\ \omega = sen\ \varphi\ \sqrt{R_3^2 + L_3^2\ \omega^2} \qquad (24)$$

Introduzindo em (22) os valores de $L_3\ \omega$ e $R_3$, expressos em (23) e (24), teremos

$$\mathcal{J} = -\ 4\ \pi\ n_1\ s\ I\sqrt{2}\ \omega\ \frac{\sqrt{R_3^2 + L_3^2\ \omega^2}}{R_3^2 + L_3^2\ \omega^2}\left(sen\ \omega t\ sen\ \varphi + \right.$$

$$\left. + \ cos\ \omega t\ cos\ \varphi\right) =$$

$$= -\ 4\ \pi\ n_1\ s\ I\sqrt{2}\ \omega\ \frac{1}{\sqrt{R_3^2 + L_3^2\ \omega^2}}\ cos\ (\omega t - \varphi) =$$

$$= \frac{4\ \pi\ n_1\ s\ I\sqrt{2}\ \omega}{\sqrt{R_3^2 + L_3^2\ \omega^2}}\ sen\left(\omega t - \frac{\pi}{2} - \varphi\right) \qquad (25)$$

porque

$$\cos(\omega t - \varphi) = -\operatorname{sen}\left(\omega t - \frac{\pi}{2} - \varphi\right)$$

Conhecido o valor da solução particular de $\mathcal{J}$, expresso pela equação (25), vamos introduzi-la na solução geral de $i_3$, representada pela equação (16) e teremos então que

$$i_3 = \mathcal{J} + K\, e^{-\frac{R_3}{L_3} t} =$$

$$= 4\,\frac{\pi\, n_1\, s\, I\sqrt{2}\,\omega}{\sqrt{R_3^2 + L_3^2\,\omega^2}}\operatorname{sen}\left(\omega t - \frac{\pi}{2} - \varphi\right) +$$

$$+ K\, e^{-\frac{R_3}{L_3} t}$$

O termo, que contém a exponencial, vai decrescendo de valor à medida que o tempo t vai aumentando, pelo que ao fim de um tempo longo o seu valor se torna tão pequeno que em face do valor do primeiro termo pode ser desprezado. Nestas circunstâncias o valor da corrente $i_3$, induzida na bobina $b_3$, pode ser representado com suficiente aproximação pela seguinte expressão

$$i_3 = \frac{4\,\pi\, n_1\, s\, I\sqrt{2}\,\omega}{\sqrt{R_3^2 + L_3^2\,\omega^2}}\operatorname{sen}\left(\omega t - \frac{\pi}{2} - \varphi\right) \quad (26)$$

Fica assim conhecido o valor de $i_3$ a introduzir na expressão (8), o que nos vai permitir finalmente calcular o respectivo binário médio $C_{m3}$. Temos, pois,

$$C_{m3} = 4\,\pi\, n_1\, n_3\, s\,\frac{1}{T} \times$$

$$\times \int_0^T I\sqrt{2}\operatorname{sen}\omega t \,.\, \frac{4\,\pi\, n_1\, s\, I\sqrt{2}\,\omega}{\sqrt{R_3^2 + L_3^2\,\omega^2}} \times$$

$$\times \operatorname{sen}\left(\omega t - \frac{\pi}{2} - \varphi\right) dt =$$

$$= \frac{16\,\pi^2\, n_1^2\, n_3\, s^2\, I^2\,\omega}{\sqrt{R_3^2 + L_3^2\,\omega^2}} \times$$

$$\times \frac{2}{T}\int_0^T \operatorname{sen}\left(\omega t - \varphi - \frac{\pi}{2}\right) \operatorname{sen}\omega t\, dt =$$

$$= \frac{16\,\pi^2\, n_1^2\, n_3\, s^2\, I^2\,\omega}{\sqrt{R_3^2 + L_3^2\,\omega^2}} \times$$

$$\times \left[\frac{2}{T}\int_0^T \cos\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right) \operatorname{sen}^2\omega t\, dt -\right.$$

$$\left. - \frac{2}{T}\int_0^T \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right) \operatorname{sen}\omega t \cos\omega t\, dt\right] =$$

$$= \frac{16\,\pi^2\, n_1^2\, n_3\, s^2\, I^2\,\omega}{\sqrt{R_3^2 + L_3^2\,\omega^2}} \cos\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right)$$

Mas, como,

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right) = -\operatorname{sen}\varphi = -\frac{L_3\,\omega}{\sqrt{R^2_3 + L^2_3\,\omega^2}}$$

o valor do binário médio desenvolvido pela bobina $b_3$ será igual a

$$C_{m3} = -\frac{16\,\pi^2\, n^2_1\, n_3\, s^2\, I^2\,\omega}{\sqrt{R^2_3 + L^2_3\,\omega^2}} \cdot \frac{L_3\,\omega}{\sqrt{R^2_3 + L^2_3\,\omega^2}} =$$

$$= -\frac{16\,\pi^2\, n^2_1\, n_3\, s^2\, I^2\, L_3\,\omega^2}{R^2_3 + L^2_3\,\omega^2} \quad (27)$$

Calculado $C_{m3}$ falta determinar o valor do binário médio $C_{m2}$ desenvolvido pela bobina activa $b_2$, que equilibra o binário médio antagonista $C_{m3}$ correspondente a um valor determinado da frequência da respectiva rede.

O equilíbrio dos valores dos dois binários $C_2$ e $C_3$ é dado pela equação (5). O binário médio de $C_2$ será, portanto, expresso da seguinte forma:

$$C_{m2} = n_2\, s\,\frac{1}{T}\int_0^T H_1\, i_2\, dt \quad (28)$$

O valor de $H_1$ é dado pela expressão (6), isto é,

$$H_1 = 4\,\pi\, n_1\, i_1 = 4\,\pi\, n_1\, I\sqrt{2}\operatorname{sen}\omega t \quad (29)$$

visto que

$$i_1 = I\sqrt{2}\operatorname{sen}\omega t$$

Fica para determinar o valor de $i_2$, a corrente que circula no circuito da bobina activa $b_2$.

Se representarmos por $[Z_1]$ o valor da impedância do circuito do campo indutor $b_1$, podemos fazer com que a impedância do circuito da bobina $b_2$, $[Z_2]$, sejam iguais, o que se pode conseguir adicionando à

bobina $b_2$ uma autoindução $L_2$ tal que

$$[Z_1] = [Z_2]$$

de forma que sendo

$$[I_1] = \frac{[E]}{[Z_1]} \quad \text{e} \quad [I_2] = \frac{[E]}{[Z_2]}$$

será

$$i_1 = i_2 = I\sqrt{2}\ sen\ \omega t \qquad (30)$$

Veremos em que casos isto é possível conseguir.

Na generalidade aceitamos esta igualdade e, nestas circunstâncias, vamos introduzir na equação (28) os valores (29) e (30) pelo que teremos

$$C_{m2} = n_2\, s \frac{1}{T}\int_0^T H_1\, i_2\, dt =$$

$$= n_2\, s \frac{1}{T}\int_0^T 4\,\pi\, n_1 I\sqrt{2}\ sen\ \omega t\ .\ I\sqrt{2}\ sen\ \omega t\ dt =$$

$$= 4\ \pi\ n_1\ n_2\ s\ I^2 \frac{2}{T}\int_0^T sen^2\ \omega t\ dt =$$

$$= 4\ \pi\ n_1\ n_2\ s\ I^2 \frac{2}{T}\int_0^T \left(\frac{1 - cos\ 2\ \omega t}{2}\right) dt =$$

$$= 4\ \pi\ n_1\ n_2\ s\ I^2 \qquad (31)$$

Introduzindo em (5) os valores de $C_{m2}$ e $C_{m3}$ teremos

$$4\,\pi\, n_1\, n_2\, s\, I^2 = -16\,\pi^2\, n^2_1\, n_3\, s^2\, I^2\ .\ \frac{L_3\,\omega^2}{R^2_3 + L^2_3\,\omega^2}\ .\ \alpha$$

Simplificando esta equação e deduzindo o valor de $\alpha$ temos que o desvio da equipagem móvel será representado pela seguinte expressão

$$\alpha = -\frac{n_2}{4\,\pi\, n_1\, n_3\, s}\ .\ \frac{R^2_3 + L^2_3\,\omega^2}{L_3\,\omega^2}$$

Como os valores $n_1$, $n_2$, $n_3$ e $s$, uma vez fixados pelo construtor, são constantes podemos fazer

$$-\frac{n_2}{4\,\pi\, n_1\, n_3\, s} = C^{te}$$

pelo que o valor de $\alpha$ se apresentará da seguinte forma:

$$\alpha = C^{te}\ .\ \frac{R^2_3 + L^2_3\,\omega^2}{L_3\,\omega^2} \qquad (32)$$

ou

$$\alpha = C^{te}\left(\frac{R^2_3}{4\,\pi^2\, L_3}\cdot\frac{1}{f^2} + L_3\right) \qquad (33)$$

visto que

$$\omega = \frac{2\,\pi}{T} = 2\,\pi\, f$$

As fórmulas (32) e (33) mostram que o desvio da equipagem móvel é apenas função da frequência da rede e o seu valor só varia quando se produz qualquer variação nesta. Verifica-se mais: — que o deslocamento da equipagem móvel é completamente independente da variação da tensão da rede, dentro, é claro, dos limites que tal variação não desça abaixo do valor das resistências passivas ou exceda os limites das densidades de corrente que as secções dos respectivos circuitos comportam tais valores.

Apenas influem no valor do desvio $\alpha$ as constantes eléctricas do circuito ligado aos bornes da bobina de indução $b_3$ e que são $R_3$ e $L_3$.

A fórmula mostra mais que a amplitude dos desvios é condicionada por um número limitado de períodos e que o aparelho não pode partir de uma frequência nula, tomando-se como valor central a frequência normal da rede e marcando-se para ambos os lados os limites de variação de frequência habitualmente admitidos na prática, os quais não excedem 10 % do valor nominal da frequência.

Ate aqui considerámos o caso de o campo ser radical, pelo que não entraram em consideração nas respectivas fórmulas os valores das respectivas funções sinusoidais dos ângulos de desvio da equipagem.

Vamos ver que a fórmula se aplica igualmente aos frequencímetros de indução de bobinas cruzadas e que não têm núcleo e em que, portanto, não há campo radial.

A fig. 4 mostra esquemàticamente a posição das bobinas $b_2$ e $b_3$ em relação ao fluxo indutor $\Phi_1$. Façamos sumàriamente a sua demonstração.

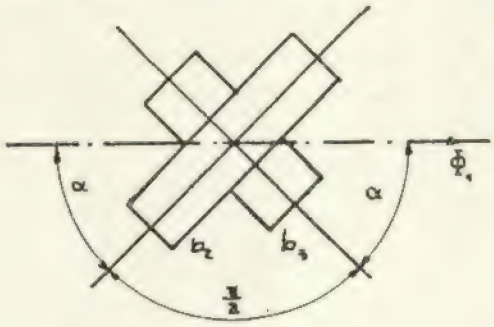



Fig. 4

Assim, temos que para a bobina $b_2$

$$\Phi_1 = - H_1 \, s \cos \alpha \qquad (34)$$

e para a bobina $b_3$

$$\Phi_1 = H_1 \, s \cos \alpha \qquad (35)$$

Considerando o trabalho elementar dT devido ao deslocamento da bobina $b_2$ no respectivo campo $H_1$ sob o ângulo $d\alpha$ e a variação do fluxo $d\Phi_1$ devida a este deslocamento, teremos que

$$dT = i_2 \, d\Phi_1 \qquad (36)$$

Mas, a variação do fluxo $d\Phi_1$ para a bobina $b_2$ é igual a

$$d\Phi_1 = H_1 \, s \, sen \, \alpha \, d\alpha \qquad (37)$$

Substituindo em (36) este valor vem

$$dT = H_1 \, i_2 \, s \, sen\alpha \, d\alpha = C_2 \, sen\alpha \, d\alpha$$

O trabalho desenvolvido pela acção antagonista da bobina $b_3$ relativo à variação $d\alpha$ do ângulo $\alpha$ será igual a

$$dT = C_3 \, \alpha \, d\alpha$$

No momento de equilíbrio teremos, portanto,

$$dT - C_3 \, \alpha \, d\alpha = O$$

ou, substituindo dT pelo seu valor

$$C_2 \, sen \, \alpha \, d\alpha - C_3 \, \alpha \, d\alpha = O$$

donde tiramos que

$$C_2 \, sen \, \alpha = C_3 \, \alpha \qquad (38)$$

Não vamos aqui repetir toda a dedução do valor do binário médio de $C_3$, o qual já foi atrás deduzido.

Partindo, pois, da expressão

$$C_{m3} = n_3 \, s \, sen \, \alpha \frac{1}{T} \int_0^T H_1 \, i_3 \, dt \qquad (39)$$

valor do binário médio de $C_3$ chega-se ao seguinte resultado

$$C_{m3} = \\ = - 16 \, \pi^2 \, n^2_1 \, n_3 \, s^2 \, I^2 \cos \alpha \, sen \, \alpha \frac{L_3 \, \omega^2}{R^2_3 + L^2_3 \, \omega^2} \qquad (40)$$

O valor do binário médio de $C_2$ é uma expressão análoga à equação (39) e assim temos que

$$C_{m2} = n_2 \, s \, sen \left( \frac{\pi}{2} + \alpha \right) \times \\ \times \frac{1}{T} \int_0^T H_1 \, i_2 \, dt = n_2 \, s \cos \alpha \frac{1}{T} \int_0^T H_1 \, i_2 \, dt \, .$$

Da integração desta expressão chega-se ao seguinte resultado:

$$C_{m2} = 8 \, \pi^2 \, n_1 \, n_2 \, s \, I^2 \cos \alpha \qquad (41)$$

Introduzindo os valores das expressões (40) e (41) na equação (38) vem

$$8 \, \pi^2 \, n_1 \, n_2 \, s \, I^2 \cos \alpha \, sen \, \alpha = \\ = - 16 \, \pi^2 \, n^2_1 \, n_3 \, s^2 \, I^2 \cos \alpha \, sen \, \alpha \frac{L_3 \, \omega^2}{R^2_3 + L^2_3 \, \omega^2} \, \alpha$$

A simplificação desta expressão mostra que o produto $\cos \alpha \; sen \, \alpha$ é eliminado e dela se deduz que

$$\alpha = C^{te} \, . \, \frac{R^2_3 + L^2_3 \, \omega^2}{L_3 \, \omega^2} \qquad (42)$$

Esta expressão é exactamente igual à (32) e que foi deduzida para o caso das bobinas $b_2$ e $b_3$ serem paralelas e terem núcleo, e, portanto, serem de campo radial.

A fórmula do desvio é, portanto, geral e independente das funções sinusoidais do ângulo $\alpha$.

Estabelecida a teoria analítica dos frequencímetros de indução, vamos agora ver gràficamente como funcionam estes aparelhos. O método vectorial vai-nos mostrar a posição que os fluxos ocupam em cada circuito correspondentes a cada variação da frequência da rede. Veremos que o processo gráfico confirma a independência do desvio $\alpha$ das variações da tensão da rede e que é, apenas, função da variação da respectiva frequência como mostram as equações (32) e (33).

Vejamos, pois, as equações representativas das tensões.

Conforme mostra a fig. 2 para o circuito $b_1$ temos que

$$E = R_1\, i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} \qquad (43)$$

O circuito $b_2$ comporta, além da bobina activa $b_2$, a auto-indução $L_2'$, colocada em série com esta bobina. As equações correspondentes à tensões aos bornes da bobina $b_2$ e da auto indução são as seguintes

$$e_2 = R_2\, i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt}$$

e

$$e_2' = R_2'\, i_2 + L_2' \frac{di_2}{dt}$$

Sendo

$$E = e_2 + e_2'$$

teremos que

$$E = (R_2 + R_2')\, i_2 + (L_2 + L_2') \frac{di_2}{dt} \qquad (44)$$

Para o circuito da bobina de indução $b_3$, que debita a corrente induzida $i_3$ sobre auto-indução $L_3$ de resistência ohmica $R_3$ a equação da respectiva tensão é a seguinte

$$e_3 = -\frac{d\,\Phi_1}{dt} = R_3\, i_3 + L_3 \frac{di_3}{dt} \qquad (45)$$

As equações (43), (44) e (45) permitem-nos estabelecer o respectivo diagrama vectorial representado na fig. 5. Assim, traçaremos uma circunferência de diâmetro AB, que indicará, em escala conveniente, o valor da tensão E. O valor da impedância do circuito $b_1$ será representado pela soma de $\overrightarrow{AC} + \overrightarrow{BC}$. Mas, uma das condições que estabelecemos,

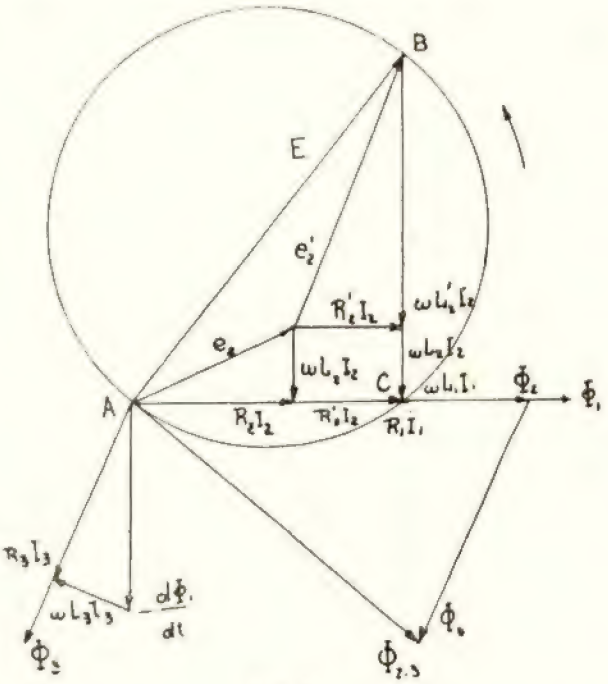



Fig. 5

quando deduzimos os valores binários médios das bobinas $b_2$ e $b_3$ foi a de que as impedâncias $[Z_1]$ e $[Z_2]$ fossem iguais, isto é, de que

$$i_1 = i_2 = I\sqrt{2}\ sen\ \omega t$$

Teríamos assim que $\Phi_1$ e $\Phi_2$ estariam em fase. Neste caso quando a bobina directora $b_3$ exerce a sua acção orientadora ou antagonista procura, para provocar o equilíbrio da equipagem móvel, pôr em fase o seu fluxo $\Phi_2$ com o fluxo $\Phi_3$ da bobina $b_3$. A f. e. m. de indução $-\frac{d\Phi_1}{dt}$ está em quadratura com $\Phi_1$ indutor e como $\Phi_2$ e $\Phi_3$ estão em fase segue-se que $\Phi_3$ ficaria em fase com os dois fluxos $\Phi_1$ e $\Phi_2$ e em quadratura com a respectiva f. e. m. de indução e $L_3$ seria igual a esta f. e. m. o que, como é óbvio, é pràticamente impossível.

# Sociedades Reunidas de Fabricações Metálicas, Ld.ª

## CONSTRUÇÕES METÁLICAS

Uma das 2 comportas de segmentos fabricadas para a Sociedade Portuguesa Neyret-Beylier & Piccard-Pictet, Ld.ª, e destinada ao descarregador de cheias da barragem de Santa Luzia, da Companhia Eléctrica das Beiras

## FÁBRICAS DA VENDA NOVA

Rua Vice-Almirante João António de Azevedo Coutinho

AMADORA

**Telefone: VENDA NOVA 48**

# AUTOMÁTICA ELÉCTRICA PORTUGUESA

S. A. R. L.

Sede — RUA ANTÓNIO MARIA CARDOSO, 60
Fábrica — RUA DO TELHAL AOS OLIVAIS } LISBOA

associada da

AUTOMATIC TELEPHONE & ELECTRIC Cº LTD.

LONDRES ATM LIVERPOOL

## *Sistema de Telecomunicação e de Sinalização por correntes fracas*

Aparelhagem telefónica automática «STROWGER» mundialmente conhecida — para grupos de redes completos ou centrais isoladas. ◆ Telefones de sistema manual e aparelhagem das respectivas estações. ◆ Sistema de transmissão telefónica por «alta frequência», simples ou múltiplos, e aparelhagem acessória. ◆ Cabos telefónicos e aparelhagem acessória — Interurbanos. Regionais e locais. ◆ Instalações de vigilância e contrôle a distância. ◆ Telefones e sinalização para minas. ◆ Aparelhos «ELECTROMATIC» reguladores de tráfego de veículos e outra aparelhagem.

**Fornecedores:** Da *Administração Geral dos Correios, Telégrafos e Telefones:* para a automatização do sistema telefónico do País.

Do *Ministério das Colónias:* para a automatização do sistema telefónico das cidades de Luanda, Lourenço Marques, e Beira.

Da *Companhia dos Telefones:* para a rede telefónica das cidades de Lisboa e Porto.

Evidentemente que, como é do conhecimento geral, existe sempre ente $\Phi_3$ e $-\frac{d\Phi_1}{dt}$ um ângulo $\theta$ pelo que se construisse um aparelho nestas condições haveria sempre um fluxo resultante entre $\Phi_3$ e $\Phi_1$ que tornaria o aparelho em condições de permanente instabilidade, visto não ser possível conseguir pràticamente o equilíbrio.

Para obviar a este inconveniente recorre-se ao artifício de se fazer $[Z_2]$ um pouco diferente de $[Z_1]$ donde resulta que a relação entre as duas impedâncias difere muito pouco da unidade e não afecta grandemente o valor do desvio $\alpha$ da fórmula (33).

Desta forma entre $\Phi_2$ e $\Phi_1$ existe um ângulo

$$\Psi = \frac{\pi}{2} - \theta$$

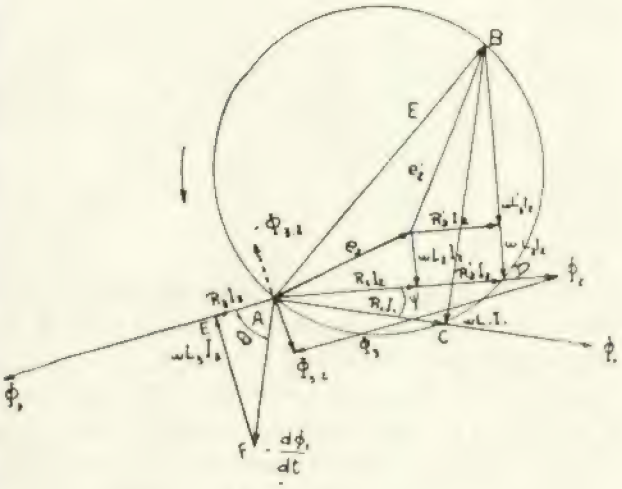



Fig. 6

como pode ser observado na fig. 6. Uma forte auto-indução $L_3$, colocada aos bornes da bobina $b_3$, cria um ângulo $\theta$ de tal forma que, no momento de se realizar o equilíbrio dos dois binários $C_2$ e $C_3$, está em fase e oposição com $\Phi_2$ e assim se realiza esta construção muito empregada em frequencímetros de indução de bobinas cruzadas.

Analisemos mais de perto a fig. 6. Os triângulos ACB e ADB representam respectivamente as equações (43) e (44). Tanto o ponto C como o ponto D apoiam-se sobre a mesma circunferência de diâmetro AB. O triângulo AEF representa a equação (45). Os fluxos $\Phi_1$, $\Phi_2$ e $\Phi_3$, originados pelos campos $H_1$, $H_2$ e $H_3$, estão em fase sucessivamente com $I_1$, $I_2$ e $I_3$.

Como já dissemos, a escala do aparelho não parte de zero; o ponto de referência de trabalho é o valor da frequência nominal da rede que é marcado na parte central da mesma escala. Tomamos na fig. 6 o ponto C como o ponto de equilíbrio correspondente a esse valor nominal. Suponhamos que a tensão da rede se mantém constante. Se se der, porém, uma variação de frequência o que é que sucede ao diagrama? O ponto C deslocar-se-á ao longo da respectiva circunferência para a direita ou para a esquerda conforme o sentido em que se der essa variação. Se a frequência aumentar o ponto C deslocar-se-á, fig. 7, para C′ e se diminuir deslocar-se-á para C″. A estes deslocamentos do ponto C correspondem variações da f.e.m. de indução $\omega L_1 I_1$ e da tensão activa $R_1 I_1$ correspondente à queda ohmica de $R_1$. Como E não varia e $\omega L_1 I_1$ está sempre de avanço de 90° sobre $R_1 I_1$, o triângulo rectângulo ACB tem de deslocar o seu vértice C de forma a manter-se a decalagem de 90° entre as duas ff. ee. mm.

É evidente que, o que sucede com o circuito $b_1$, sucede exactamente com o circuito $b_2$, visto este circuito estar ligado à rede e submetido, portanto, à mesma tensão. O ponto D está situado sobre a mesma circunferência de diâmetro AB e os seus deslocamentos, devido às variações da frequência, ocupam as mesmas posições relativas ao deslocamento do ponto C, porque as modificações das ff. ee. mm. de indução e das quedas ohmicas são absolutamente idênticas. A cada deslocamento dos pontos C e D corresponde, fig. 7, uma nova posição C′, D′ e C″, D″ da equipagem móvel do aparelho.

Como os fluxos $\Phi_1$ e $\Phi_2$ estão em fase respectivamente com $I_1$ e $I_2$ estes acompanham os deslocamentos de $R_1 I_1$ e $R_2 I_2$. Em virtude da variação da posição do fluxo $\Phi_1$ e $\Phi_2$ para $\Phi'_1$, $\Phi''_1$ e $\Phi'_2$, $\Phi''_2$, fig. 7, a f.e.m. $-\frac{d\Phi_1}{dt}$, gerada por esta variação no circuito $b_3$, varia também de valor e posição e vai-se deslocando sucessivamente até ficar em quadratura com $\Phi_1'$ na posição C′ ou $\Phi''_1$ em C″ conforme o caso. Ora é durante esta

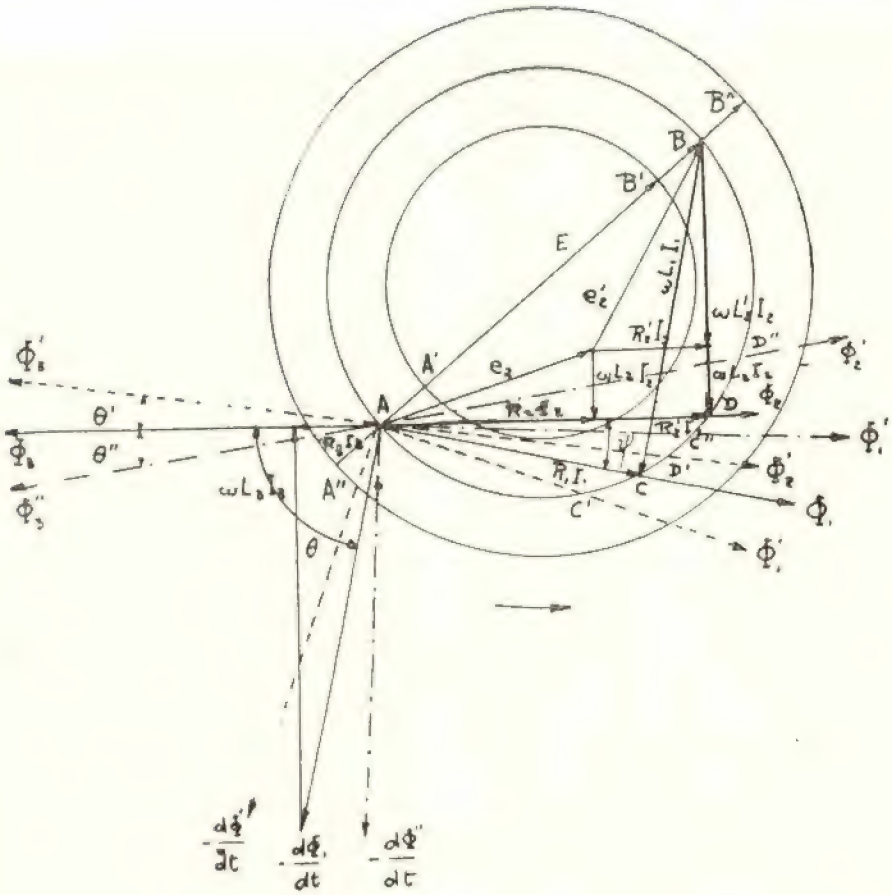



Fig. 7

variação que se produz o desequilíbrio dos fluxos $\Phi_2$ e $\Phi_3$, e se forma um fluxo resultante proveniente da composição dos três fluxos em jogo $\Phi_1$, $\Phi_2$ e $\Phi_3$. É esta resultante que provoca o deslocamento da equipagem até que o valor da frequência se estabilise. Neste momento $\Phi_2$ e $\Phi_3$ voltam a estar em fase e oposição nas posições D' ou D'' e a equipagem volta ao equilíbrio. Esta resultante $\Phi_{2.3}$, fig. 6, é sempre muito pequena e conforme o seu sentido é no sentido indicado ou no sentido oposto, assim a equipagem se desloca para a direita ou para a esquerda do valor central da escala do aparelho.

Vejamos o que acontece quando a tensão da rede varia para mais ou para menos do seu valor normal, isto é, quando AB passa para A'B' ou para A''B'', fig. 7. Examinando esta figura verifica-se fàcilmente que os triângulos ACB e ADB se contraem ou dilatam de forma tal que os novos triângulos A'C'B' e A'D'B' ficam semelhantes respectivamente aos primeiros triângulos e, portanto, os ângulos mantêm-se iguais e os fluxos $\Phi_1$, $\Phi_2$ e $\Phi_3$ ocupam a mesma posição relativa o que não altera a posição da equipagem, pelo que gràficamente se demonstra e confirma o que analìticamente já havíamos concluído: *que os desvios $\alpha$ da equipagem são independentes das variações da tensão da rede e são, apenas, função das características eléctricas do circuito da bobina de indução* $b_3$.

Além disso, para que a equipagem móvel seja apenas influenciada pelos campos das respectivas bobinas é necessário que o seu equilíbrio, estático e dinâmico, seja perfeito e que os binários de torsão das ligações eléctricas sejam pràticameute nulos e haja uma estabilidade eléctrica completa.

A estabilidade eléctrica depende essencialmente do valor da auto-indução $L_3$ e da relação entre as duas impedâncias $[Z_1]$ e $[Z_2]$, a qual deve ser tal que não tenham influência apreciável na deslocação da equipagem móvel. Os diagramas das fig. 5 e 6 mostram à evidência

que à medida que $L_3$ for diminuindo $\Phi_{2.3}$ vai aumentando, a estabilidade do aparelho vai diminuindo e que, quando $L_3$ for substituída por uma resistência ohmica, a equipagem ficará completamente instável.

Os frequencímetros, que realizam as condições do diagrama da fig. 6, são pouco sensíveis, além de não se subtrairem completamente à influência das impedâncias dos circuitos $b_1$ e $b_2$.

Para obviar a estes inconvenientes substitui-se a auto-indução do circuito $b_2$ por uma capacidade $C_2$ e no circuito $b_1$ introduz-se uma forte auto-indução $L_1$ conforme indica a fig. 8. Isto permite reduzir o valor da

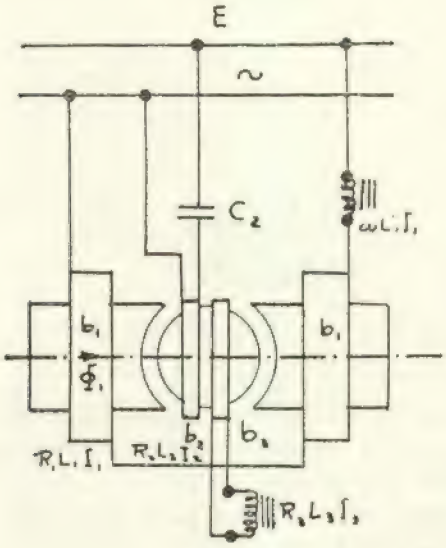



Fig. 8

auto-indução $L_3$ do circuito $b_3$ e que a relação das impedâncias $[Z_1]$ e $[Z_2]$ possam ser iguais, subtraindo assim a equipagem móvel à sua influência prática, mantendo-se a sua estabilidade eléctrica e aumentando a sua sensibilidade.

A fig. 8 mostra o esquema das ligações internas desta modalidade. A esta montagem corresponde o diagrama vectorial das diferentes tensões internas dos três circuitos $b_1$, $b_2$ e $b_3$, representado na fig. 9.

O diagrama mostra que a auto-indução $L_3$ do circuito $b_3$ diminuiu bastante sem se cair na instabilidade eléctrica, aumentando a sensibilidade da equipagem como é fácil de conceber, visto que no momento do desequilíbrio dos fluxos $\Phi_2$ e $\Phi_3$ provocado pela variação da frequência da rede, os ângulos de deslocamento de $\Phi_2$ são maiores e, portanto, consegue-se momentâneamente um ângulo maior entre $\Phi_2$ e $\Phi_3$ e, portanto, um binário de deslocamento da equipagem

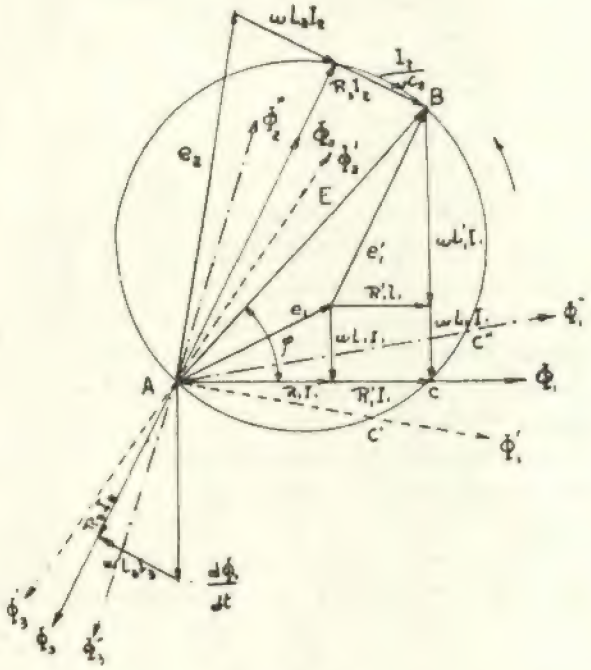



Fig. 9

maior e, consequentemente, uma sensibilidade maior às variações da frequência. É claro que a uma variação de frequência o ponto C, que se apoia na circunferência AB, se desloca ao longo desta circunferência o mesmo sucedendo ao ponto D, relativo ao circuito $b_2$ para C' ou C'', que vai para D' ou D''. Os fluxos respectivos deslocam-se também para $\Phi'_1$ ou $\Phi''_1$ e $\Phi'_2$ ou $\Phi''_2$ e, na sua deslocação, arrastam, como dissemos, a equipagem móvel, até que a frequência se fixe. Neste momento $\Phi_2$ e $\Phi_3$ ficam em fase e oposição e a referida equipagem imobilizar-se-á na posição correspondente às posições $\Phi'_2$ $\Phi'_3$ ou $\Phi''_2$ $\Phi''_3$, fig. 9.

Para melhorar mais a sensibilidade desta espécie de aparelhos, empregados especialmente como registadores de frequência, algumas casas construtoras colocam em derivação aos bornes da bobina $b_2$ uma auto-

-indução $L_4$ de um valor aproximado da auto-indução de $L_1'$, mas mais pequeno, (fig. 10).

Tem-se assim um circuito indutivo derivado e em série com uma capacidade $C_2$.

A introdução desta nova auto-indução no circuito da bobina $b_2$, obriga a introduzir no circuito da bobina do campo indutor $b_1$ uma capacidade $C_1$, posta em série com a auto-indução $L_1'$, como mostra a fig. 10 e de tal forma que

$$\omega L_1' = \frac{1}{\omega C_1}$$

O diagrama vectorial correspondente ao esquema da fig. 10 está indicado na fig. 11 e ele mostra imediatamente que $L_3$ diminuiu de tal forma que a esta diminuição corresponde uma diminuição da impedância do circuito $b_3$, aumentando o valor de $I_3$ e, portanto, $\Phi_3$ aumentou também. As condições de sensibilidade do aparelho aumentam também bastante pelas razões que já atrás indicámos.

Às variações de frequência correspondem maiores amplitudes de deslocamento da

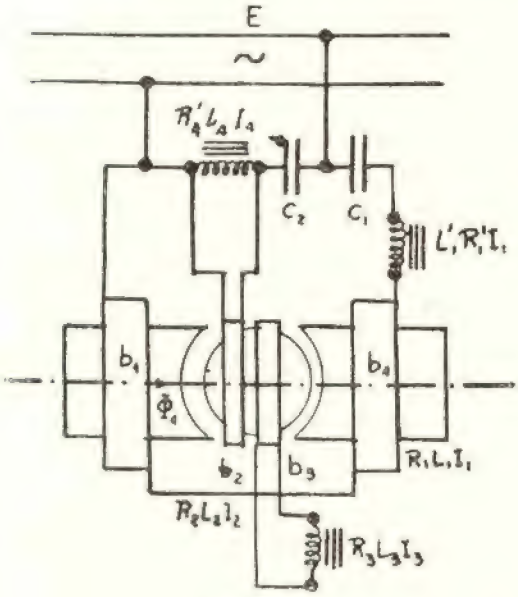



Fig. 10

equipagem e, portanto, o desvio $\alpha$ da equação (33) pode tomar valores mínimos da ordem dos décimos de período. A defasagem $\varphi$ entre E e $I_1$ que na construção representada pelo diagrama da fig. 9 era bastante desfavorável, diminui consideràvelmente nesta construção como se pode observar no diagrama da fig. 11, onde o ângulo $\varphi$ de

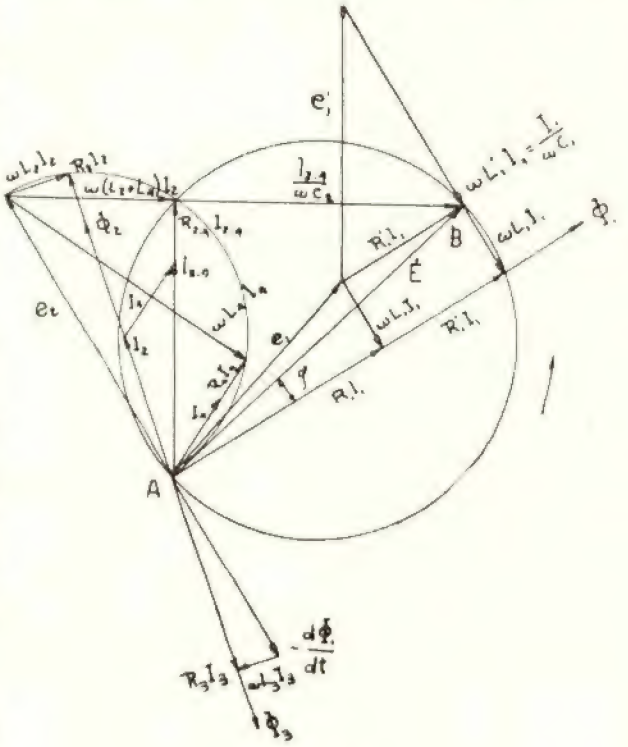



Fig. 11

defasagem entre E e $I_1$ diminuiu bastante, melhorando assim o factor de potência do respectivo aparelho.

A condição de igualdade das duas impedâncias $[Z_1]$ e $[Z_2]$ dos circuitos $b_1$ e $b_2$ continua a subsistir, a fim de manter o desvio $\alpha$ do aparelho independente das variações da tensão da rede.

A graduação dos frequencímetros de indução, como é conhecido, faz-se directamente ligando-os a alternadores de número de polos conhecidos, comandados por motores de campo variável, que permitem obter frequências certas correspondentes a velocidades perfeitamente determinadas.

Neste caso pode-se verificar a mesma conclusão já obtida para os casos anteriores e que dizem respeito a serem as indicações do aparelho completamente independentes das variações da tensão da rede e dependerem apenas das características do circuito da bobina $b_3$ directora ou orientadora da equipagem móvel.

# Tendência da moderna técnica das estradas da Suíça, no que respeita a perfis, traçado e pavimentos [1]

PELO ENG.º CIVIL (U. P.) J. CANTO MONIZ

Director de Estradas do Distrito da Guarda

**Impressões registadas numa viagem à Suíça, feita como Delegado da Junta Autónoma de Estradas, para o estudo de pavimentos betuminosos, tipo "Durit"**

C. D. 625.711. (494)

Durante esta viagem procurámos observar tudo o que o nosso espírito nos permitia observar, quer no que respeitava ao assunto especial da nossa visita, quer no que se referia a todos os assuntos que se prendiam ou ligavam com a técnica da construção e conservação de estradas.

Esta observação pôde ser particularmente pormenorizada na Suíça, mas outras observações foram feitas durante as muitas centenas de quilómetros de estradas que percorremos na Espanha e na França.

Vamos fazer um relato das impressões registadas, durante o qual faremos algumas considerações comparativas com a técnica portuguesa.

Algumas afirmações que, porventura, faremos em desfavor da nossa técnica não têm a característica de opinião original, mas são apenas resultado da nossa observação comparativa.

*

## Posição relativa da Suíça, como nação, no conserto económico do Mundo

A posição da Suíça sob o ponto de vista económico é semelhante à de Portugal sob certos aspectos, e de menos favor sob muitos outros.

País encravado no Centro da Europa, sem qualquer saída para o mar, com um sub-solo pobre de matérias primas, com um clima desfavorável sob o ponto de vista agrícola — a Suíça tem apenas três meses de estio —, sem quaisquer territórios coloniais, é um país que marca uma posição de destaque entre as nações mais avançadas do Mundo!

Como conseguiu esta posição um país que tem as condições desfavoráveis que acabámos de citar?

É o milagre de um povo que, apesar de heterogéneo, soube compreender que com as suas condições sòmente poderia competir com os outros países pela perfeição da sua técnica!

E é assim que um país que importa quase tudo que necessita para as suas indústrias, conquistou um lugar de relevo no Mundo.

Os suíços procuraram levar a sua técnica a um grau de precisão e perfeição em todos os sectores, que podemos comparar a nação suíça a uma máquina de precisão em que cada sector da sua vida é uma peça perfeita!

E, coisa curiosa, é uma engrenagem que funciona quase sem atrito!

A Suíça é um país pequeno que tem uma grande parte da sua área coberta por montanhas enormes, pouco acessíveis e improdutivas. Apenas 3/4 partes da sua superfície total pode ser considerada produtiva.

A vida deste povo tem sido uma luta constante com os elementos, mas travou uma luta gigantesca que venceu.

---

[1] Conferência realizada para os Engenheiros da I. A. E. que teve lugar no I. S. T., em Novembro de 1945.

Tem a seu favor as fontes de inesgotável energia que representam os seus glaciares e, dominando dificuldades de toda a ordem, consegue dispor dessa energia com a qual tem em movimento toda a sua indústria e com a qual domina o principal problema dum país altamente industrializado — o problema dos transportes — !

portes igualmente carregado, circunstância da qual resultam condições de exploração ideais.

A Suíça tem uma rede de caminhos de ferro notável pela sua densidade, pela perfeição da sua organização e pela intensidade do seu tráfego.

A tracção é toda eléctrica. O meio de

Fig. 1 — Aspecto panorâmico da Suiça

## Problema dos transportes

Ao contrário do que acontece entre nós, a Suíça não tem fortes concentrações populacionais ou grandes concentrações industriais! Não, a Suíça tem a sua população e a sua indústria muito bem distribuída por todo o País.

Assim, a cidade mais industrial e mais importante da Suíça é Zurich, que tem cerca de 333.000 habitantes; segue-se Basileia, com cerca de 161.000; Berne, a capital, com 129.000. Genève tem 124.000 e as outras cidades distribuem-se por todo o País, com algumas dezenas de milhares de habitantes cada uma.

Isto é devido à constituição federal da Suíça, mas tem uma vantagem muito grande num país grandemente industrial — é a vantagem de ter todo o seu sistema de transporte dominante, é, pois, o caminho de ferro.

## Estradas

Por muito importante que seja uma rede de caminhos de ferro dum país, a estrada tem o seu importantíssimo papel, pois é por ela que as mercadorias e as gentes se deslocam dos centros produtores para os centros ferroviários, ou destes para os centros ou lugares de consumo.

A Suíça tem, pois, a par duma densa rede de caminhos de ferro, uma densa rede de estradas regionais, que garantem uma continuidade de comunicação por estrada através do País.

Sendo uma das suas indústrias principais o turismo, a sua rede de estradas satisfaz plenamente as suas exigências turísticas.

Enquanto que até agora os caminhos de ferro são uma organização Nacional Federal, a construção e conservação de estradas tem estado a cargo das Administrações Cantonais. No entanto, as normas para a construção das estradas são ditadas e impostas pelo Governo Federal, o que dá às estradas da Suíça um aspecto de uniformidade de conjunto, especialmente quanto a traçado, que não chega a sentir-se a falta de uma Administração Central.

Ao percorrerem-se as estradas da Suíça nota-se o grande cuidado que é posto no seu estudo, sob todos os pontos de vista — perfil, traçado e pavimentos —.

De um modo geral, a primeira impressão que se tem ao estabelecer contacto com a forma como estão resolvidos os problemas técnicos na Suíça, começa por ter-se a impressão de que é um povo *rico,* que resolve os seus problemas *à-grande!* Essa opinião vai-se transformando com a observação cuidada e atenta e acaba por chegar-se precisamente à opinião contrária, isto é, todos os seus problemas estão resolvidos com o fim de obter soluções racionais e económicas! Surge a pergunta: — Mas então o que será que nos leva a ter uma impressão inicial que acaba por modificar-se inteiramente?

Julgamos que a razão deste facto reside na imperfeita diferenciação que entre nós subsiste dos conceitos de *económico* e *barato.*

Excepcionalmente o mais barato é o mais económico.

A leitura das normas oficiais para a construção das estradas, editadas pela «União Suíça dos Profissionais da Estrada», dá-nos uma ideia do cuidado com que são elaborados os estudos, feitos os projectos e executadas as obras.

Ao atravessarmos as estradas suíças, a primeira coisa que nos impressiona é o seu

## Perfil transversal

### a) *Largura*

Quanto à largura, as estradas principais de primeira ordem têm 7 a 9 metros e as estradas principais de segunda ordem têm 6 metros.

### b) *Valetas*

Nota-se a ausência de valetas diferenciadas do pavimento. Isto é, em geral ao longo da estrada existe um lancil sobre-elevado, funcionando o próprio pavimento, na zona lateral, como valeta.

De espaço a espaço existem ralos, em geral de ferro, por onde a água é apanhada e conduzida em aquedutos ou canos para fora da estrada. Para as águas da estrada esta disposição é mais que suficiente. Ela é-o, também, para as águas que correm da montanha, dum modo geral.

Quando há grandes vertentes que descem sôbre a estrada, constróem-se valetas no terreno de modo a cortar essas águas, evitando que venham parar à estrada.

Excepcionalmente há valetas tratadas junto à estrada. As valetas que se fazem são uma espécie de rego, já fora da estrada, que faz a drenagem das águas de superfície do mesmo modo que os regos feitos para a agricultura.

Esta prática não foi novidade para nós, pois tinhamos notícia que os americanos adoptam o mesmo sistema.

Nas estradas do Sul de Espanha e do Sul da França a valeta, quando existe, é um rego feito em terra que está enquadrado nos terrenos por onde passa a estrada e não é considerado como fazendo parte dela.

Na Suíça as estradas são quase todas a meia encosta e, por vezes, nem existe o lancil sobre-elevado do lado do corte.

Quando há uma chuvada excepcional, a água corre pela estrada. Sendo os pavimentos impermeáveis isso não tem importância.

Com esta orientação faz-se uma grande economia, comparativamente com o que se faz entre nós, quer no que respeita à construção, quer no que respeita à conservação.

De facto, e sobretudo em grandes cortes, o volume a escavar correspondente ao espaço que a valeta ocupa é um encargo considerável no capítulo das escavações; por outro lado a superfície enorme de calçadas, as

mais das vezes em planos fortemente inclinados, encarece muito o custo das nossas estradas.

Parece-nos que devemos rever a nossa técnica no que se refere a valetas, tanto mais que, num grande número de casos, essas valetas ficam caríssimas pela construção e pela sua conservação e acabam por funcionar, apenas, algumas horas por ano!

Bem sabemos que há casos especiais. No entanto, entre nós tem-se generalizado o uso da valeta clássica integrada na estrada o que, dadas as suas dimensões, representa por vezes um grande perigo para o tráfego, o que leva muita gente a chamá-las «valetas-precipícios»!

alguns bem graves, são devidos às nossas valetas. De resto, a J. A. E. já teve uma experiência bem lamentável de que isto é assim, num desastre de que foi vítima o então presidente, Ex.$^{mo}$ Sr. General Trindade e o Sr. Secretário, Engenheiro Vilhena.

Muitos colegas nossos, nos seus projectos e nas obras que têm construído, têm procurado reduzir o inconveniente das valetas, adoptando um tipo de valeta menos perigosa para o tráfego, mas esta orientação devia generalizar-se entre nós.

c) *Bermas*

Dum modo geral não existe tráfego

Fig. 2 — Estrada com perfil assimétrico

Este aspecto do problema das valetas, quando são necessárias, é muito cuidado lá fora, pois tem-se a preocupação de separar nìtidamente as valetas das águas que não pertencem à estrada, da própria estrada, defendendo o tráfego do perigo que elas representam.

Entre nós grande número de acidentes,

de peões sensível nas estradas da Suíça. Por esta razão as estradas não têm bermas.

No entanto, quando nas proximidades das cidades importantes existe tráfego de peões, os suíços constroem bermas nas estradas, que são, afinal, passeios de terra, uma vez que os seus lancis são quase sempre sobre-elevados.

Sente-se que os suíços procuram sempre conjugar o racional com o estético, para resolver todos os seus problemas. No entanto, quando há que sacrificar alguma destas características, não hesitam e sacrificam tudo ao racional.

É um exemplo típico desta orientação o critério de adoptarem perfis transversais assimétricos para as estradas que têm de ter berma ou passeio. Constroem uma berma larga de um só lado, em vez de duas bermas estreitas.

De facto, assim circula o peão mais à vontade, o tráfego não tem a sensação do estrangulamento por ver peões a circular pelos dois lados da estrada e, além de tudo, evita-se a tendência para os atravessamentos da estrada pelos peões (Fig. 2).

Nas proximidades das cidades têm, por vezes, pistas para bicicletas separadas da faixa de rolagem, pois existe muito tráfego ciclista na Suíça.

d) *Serventias*

Nota-se nas estradas da Suíça — e já um pouco no Sul da Espanha e na França — um respeito grande pelos utilizantes da estrada.

Sente-se que domina no espírito de quem projecta que a estrada é feita para servir os seus utilizantes, facilitando-lhes a sua tarefa.

É um exemplo frisante o tipo das serventias para as propriedades ou as entradas para as garagens.

Como já se disse, dum modo geral existem lancis sobre-elevados nas estradas. Pois em frente de cada serventia o lancil desce até ao nível do pavimento, para dar passagem fácil ao carro que pretende sair da estrada ou para ela entrar.

Assim, diminui-se o desgaste do material, reduz-se o esforço e, o que é mais importante, reduz-se o tempo de manobra com benefício da segurança do tráfego.

Ao fazer esta observação não pude esquecer-me de que entre nós, *que não temos lancil sobre-elevado nas nossas estradas,* se usa uma pedra fortemente sobre-elevada para dar serventia às propriedades.

O dispositivo que nós adoptamos nas nossas serventias tem que ser alterado, pois dá origem a grandes esforços dos carros ou dos gados, a desgastes de material e demora muito as manobras das entradas dos carros nas propriedades, o que por vezes chega a provocar interrupção do tráfego e, até mesmo, acidentes.

**Traçado**

Vale a pena fazer um estudo cuidado das normas oficiais para a construção das estradas na Suíça.

As normas são muito pormenorizadas e asseguram assim uma uniformidade de critérios em todo o País.

Temos a opinião de que se impõe a organização de normas do mesmo género para o nosso País, pois, independentemente da diferenciação devida às regiões, há uma parte na orientação e na elaboração dos projectos que fica *demasiadamente* entregue ao critério de quem projecta, do que nem sempre resulta vantagem.

Grande parte das estradas suíças são estradas de montanha. Como é natural, são estradas a meia encosta. Têm bastantes muros de suporte, quase sempre de pedra seca e com os paramentos fortemente jorrados.

Mostraremos «croquis» onde se veem destes muros previstos nas normas oficiais (Figs. 3 e 4).

Apesar do terreno da Suíça ser fortemente acidentado, as inclinações nas estradas principais não excedem os 5 % e nas estradas secundárias os 8 %.

Excepcionalmente nas estradas de montanha se chega aos 8 %, havendo, contudo, estradas antigas que, em pequenas extensões, atingem os 10 %.

No entanto, nas estradas de montanha que percorri, excepcionalmente encontrei estradas com mais de 5 ou 6 %.

Muitas estradas têm túneis e até com certa frequência.

Em certa altura fiz a observação se os traçados com túneis não ficariam muito caros. Respondeu-me o Prof. Thoman que «sempre que um túnel evitava grandes rampas e um considerável aumento de desenvolvimento do traçado, a solução é mais económica, pois que sabemos exactamente quanto custa um túnel, e não somos capazes de calcular quanto representa o encargo que um País fica suportando, quando o tráfego de uma estrada está sujeito a um maior percurso ou maior esforço nas rampas».

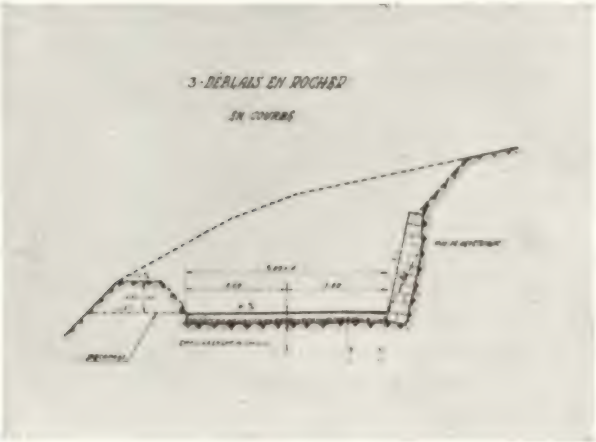



Fig. 3

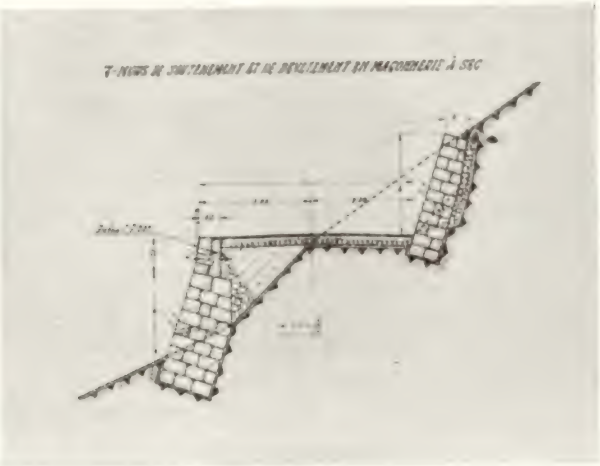


Fig. 4

(Notar os cortes a que as normas obrigam do lado de fora da estrada)

Há uma nota interessante quanto ao traçado. Os suíços são mestres em estudos de economia e não lhes escapam os aspectos mais subtis do problema económico.

Fig. 5 — Estrada do S. Gottard

É ponto assente que a exploração de um meio de transporte é tanto mais económica quanto melhor está estudada a via. A via

idealmente concebida e realizada seria aquela que permitisse uma constância do esforço motor, ou, pràticamente, aquela que a menor número de variações de esforço obrigasse.

Este aspecto das condições de exploração é particularmente interessante nas estradas de montanha, onde os veículos motores são sujeitos a esforços grandes.

Pois, dado o aumento considerável de resistência nas curvas de raios apertados, na prática os Engenheiros suíços reduzem a inclinação dos traineis nas curvas, melhorando assim as condições de exploração. Por vezes adoptam esta prática quando as inclinações estão nos limites máximos admitidos, evitando assim que qualquer zona do intra-dorso das curvas fique com inclinação superior à máxima permitida.

Temos a opinião de que sob o ponto de vista de exploração das nossas estradas, muito há a estudar entre nós.

Quanto à visibilidade, é um dos problemas que mais cuidado merece e, de facto ao circular nas estradas suíças não se tem a sensação de falta de visibilidade.

**Passagens de nível**

Não há, pràticamente, passagens de nível na Suíça.

Excepcionalmente há passagens de nível, mesmo em estradas ou caminhos secundários.

Fig. 6 — Estrada de S. Gotthard

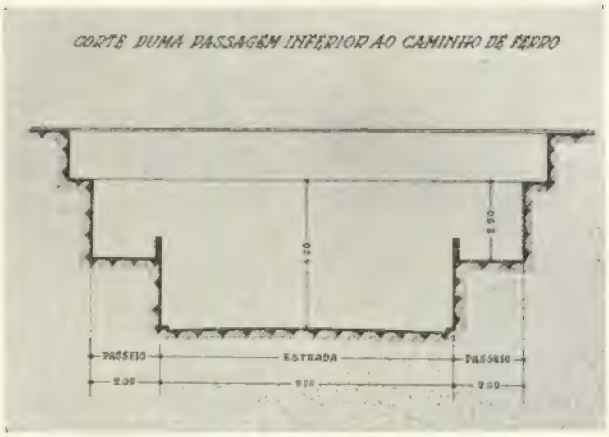



Fig. 7

Uma nota interessante do espírito prático e racional das soluções que são adoptadas pelos Engenheiros suíços, está patente no «croquis» da fig. 7, em que se vê o perfil transversal de uma rua com passeios numa passagem inferior próximo de uma cidade.

Fig. 8 — Bifurcação de estradas

A camada de neve tem 4 m de espessura

## Sinalização

Dum modo geral a nossa sinalização é melhor e mais completa. No entanto entre nós é mais necessária, pois temos regiões onde o terreno varia bruscamente, enquanto que na Suíça o terreno é mais constante. . . é quase todo difícil para as estradas.

A balizagem das estradas suíças é melhor que a nossa, para isso bastando a circunstância de terem lancis sobre-elevados.

Nas estradas de montanha adopta-se uma balizagem contínua, muito bem tratada.

As estradas têm em toda a extensão uma guarda com dimensões e características que não prejudicam a vista das paisagens.

Algumas vezes essa guarda é de pedra, quase sempre rústica, mas dominam as guardas metálicas, como se vê nas fotografias que adiante apresentamos.

## Conservação

O estado de conservação e limpeza das estradas suíças é perfeito.

Não vi um cantoneiro em qualquer estrada suíça, nem casas de cantoneiros. De resto, elas não são necessárias dada a distribuição uniforme das povoações.

*

## Pavimentos

Entramos agora no assunto especial que constituiu o objecto da nossa visita à Suíça.

Podemos considerar que, dum modo geral, estão pràticamente resolvidos os problemas de estradas, no que se refere a perfis, a traçado e às infraestruturas dos pavimentos. Contudo, o problema das camadas de desgaste dos povimentos não está completamente resolvido.

Conseguem-se pavimentos mais ou menos duráveis, mais ou menos unidos e mais ou menos resistentes. Há, no entanto, um fenómeno que se verifica em todos os pavimentos conhecidos e que ainda não foi evitado — é o polir do pavimento com o trânsito.

As camadas de desgaste dos pavimentos não conservam a rugosidade com que ficam após a construção e, de um modo geral, pulem ràpidamente quando sobre eles passa um tráfego intenso.

Este fenómeno é da mais alta importância para a segurança do tráfego e para o rendimento da exploração de uma estrada.

Sob o ponto de vista do atrito, um pavimento deve ser tão unido quanto possível, para evitar um grande desgaste nos pneus e para reduzir ao mínimo o custo da tracção. O grau de lisura dum pavimento é limitado pelas condições essenciais de aderência, para evitar que as rodas patinem com o esforço de tracção e para garantir a segurança no momento das travagens.

Em geral, a tendência simplificadora dos técnicos leva-os a optar por pavimentos fortemente rugosos (cubos e paralelipípedos),

pois fica assim assegurada uma boa aderência e garantida a rugosidade por uma grande temporada.

Na técnica de betuminosos, a tendência verificada até agora é para o emprego de granulometria de grandes dimensões e para o emprego de murraça grossa nos revestimentos superficiais. Esta técnica representa um recurso e ao empregar-se descura-se um dos aspectos mais importantes do problema dos pavimentos — é o aspecto económico —.

Em todo o Mundo as entidades que constroem as estradas não são aquelas que as exploram.

Dum modo geral, o aspecto económico da exploração das estradas não é considerado convenientemente. Este aspecto, contudo, é da mais alta importância, pois que uma rede de estradas tem um papel importantíssimo na vida económica duma nação.

Se compararmos uma nação com um ser vivo, as suas redes de comunicação têm que ser consideradas as artérias e as veias desse organismo por onde corre o sangue precioso da sua vida económica.

As estradas têm que ser estudadas tendo na mais alta consideração o aspecto económico das condições de exploração.

E isto é tanto assim, quanto é certo que é dificílimo calcular o que custa a um país uma rede de estradas mal concebida e com más condições de exploração.

Quanto a traçado e a perfis, dum modo geral, podemos considerar que se tem resolvido o problema, dando às estradas regulares condições de exploração.

Quanto ao pavimento, muito há ainda a fazer.

*

As condições económicas da Suíça são semelhantes às nossas quanto à exploração das suas estradas — importa pneus, borracha e combustíveis, assim como a maior parte dos automóveis, ou das matérias primas para os fabricar.

Merece, pois, aos técnicos suíços especial atenção o estudo da rugosidade dos pavimentos, para reduzir ao mínimo as despesas de exploração devidos a desgastes desnecessários.

A nós, portugueses, este assunto interessa-nos particularmente, tanto mais que as nossas condições são idénticas às suíças, relativamente a combustíveis e ao material automóvel importado, com a agravante de que, enquanto que o principal tráfego de mercadorias se faz na Suíça por caminho de ferro, entre nós faz-se uma grande parte do nosso tráfego por estrada.

A rugosidade e aderência dos pavimentos tem sido objecto de estudo cuidado de vários técnicos do Mundo inteiro, e tem sido ventilado nos vários congressos de estradas.

Da «Comissão do Atrito», nomeada no último congresso de Haia, faz parte o Prof. Thoman, da Escola Politécnica Federal de Zurich, a quem tive a honra de conhecer durante esta minha viagem de estudo, e por quem fui acompanhado durante todas as visitas técnicas que fiz às estradas da Suíça.

Do estudo durante 15 anos sobre o atrito, tirou este ilustre Professor interessantíssimas conclusões.

O seu laboratório principal é a estrada.

Sob a sua orientação foi construída na Suíça uma roda para o estudo do atrito, que tem dispositivos adaptados ao freio que permitem medir os esforços de travagem até ao momento em que a roda começa a escorregar sobre o pavimento.

Esta roda adapta-se a um camião e tem dispositivos para medir os esforços de travagem até ao escorregamento, conseguindo-se fazer um estudo comparativo da aderência dos diferentes pavimentos.

Nos últimos 10 anos foram feitas cerca de 5.000 travagens para o estudo das rugosidades.

Das experiências feitas chegou-se à conclusão de que o atrito de escorregamento não chega para definir de uma forma unívoca as condições de segurança de um pavimento.

Com o desejo de exprimir por um número as qualidades de segurança dum pavimento, foi estudado o cociente

$$\frac{\text{coeficiente de atrito de escorregamento}}{\text{coeficiente de atrito de rolamento}}$$

tendo-se chegado à conclusão de que um pavimento oferece tanto mais condições de

segurança à medida que este cociente tende para a unidade.

Estudando os desgastes dos pavimentos, chegou-se à conclusão que os pavimentos de cubos de granito provocam um desgaste nos pneus superior em 80 $^{c}/_{o}$ ao produzido pelos pavimentos betuminosos!

A tendência moderna na Suiça é para os pavimentos betuminosos, pois são aqueles que menos desgaste produzem nos pneus, e que são mais fàcilmente trataveis sob o ponto de vista de aderência.

Os pavimentos de granito têm, de facto, uma grande aderência, mas são muito pouco económicos, quer pelo desgaste que produzem nos pneus, quer mesmo pelo seu custo.

Além disto, com um tráfego intenso, acabam por pulir e pulem desigualmente, o que os torna pavimentos de pouca segurança, quando muito usados.

Os pavimentos de betão são muito caros, muito delicados pela sua rigidez e pulem rápidamente com um tráfego intenso.

Há cidades que têm pavimentos de betão sujeitos a tráfego intenso e que estão a braços com o problema de os tornar aderentes.

Os franceses têm máquinas próprias para fazer a «aderisage» dos seus pavimentos, sobretudo os que são de betão de cimento. Esta operação é cara e chega a haver necessidade de a fazer de 3 em 3 ou de 4 em 4 anos, conforme o tráfego.

Admitindo que nas melhores condições essa «aderisage», por picagem do pavimento, reduz a sua espessura em 4 m/m., chega-se à conclusão que só a «aderisage» produz mais desgaste no pavimento do que o próprio trânsito.

Estes inconvenientes, juntamente com o custo e dificuldade de tratamento das juntas, leva-nos a pôr muito de reserva as vantagens que um pavimento de betão de cimento pode representar.

*

Da observação de todos os pavimentos betuminosos que se usam na Suíça, a tendência que se verifica é para o emprego de betões betuminosos ou asfálticos de muito cuidada granulometria.

Em todos os tipos de betuminosos, e são vários, há a preocupação de uma fina rugosidade acompanhada de grande aderência, a par duma compacidade grande para os tornar resistentes e impermeáveis.

Uma das características que mais preocupa os técnicos suíços é a impermeabilidade.

A grande amplitude térmica que se verifica naquele País (+ 55° C e — 35° C.), obriga a que os pavimentos sejam perfeitamente impermeáveis, para evitar a ruína das camadas de desgaste com a congelação da água infiltrada.

Os pavimentos betuminosos que, em geral, empregamos em Portugal, não têm características de impermeabilidade. As próprias penetrações betuminosas são bastante permeáveis.

Parece-nos que devia merecer grande atenção esta característica nos nossos pavimentos, pois temos bastantes estradas do País onde este fenómeno (de congelação da água infiltrada) provoca a ruina dos nossos betuminosos.

Esta ruína entre nós é lenta, mas dá-se. Além disso não é só pela congelação que os pavimentos betuminosos são arruinados devido à falta de impermeabilidade.

Assim, há ainda três fenómenos que contribuem para a ruina lenta de um pavimento betuminoso, quando ele não é perfeitamente impermeável:

— Nas regiões de terrenos argilosos a água que se infiltra para o interior do pavimento arrasta argila, que é um grande inimigo do betume;

— Nas regiões de terrenos ácidos, como os granitos, as águas que correm sobre os pavimentos e que se infiltram têm, muitas vezes, um PH elevado e a sua acidez vai atacando lentamente os elementos inertes dos betuminosos, pois nos pavimentos que usamos o envolvimento dos materiais inertes, pelo betume, não é perfeito;

— Finalmente, nas regiões de terrenos calcáreos e fàcilmente solúveis, as águas que se infiltram arrastam consigo para o seio dos betuminosos sais em dissolução. Quando se dá a evaporação, esses sais cristalizam de novo, o que provoca uma ruína

mecânica semelhante à da congelação, embora em menor escala.

Vê-se, pois, que é da mais alta importância para nós, procurarmos pavimentos betuminosos perfeitamente impermeáveis.

*

Estas são as causas da ruína dos pavimentos devidas aos agentes atmosféricos, em face da sua permeabilidade.

O calor só por si não é uma causa que provoque a ruína do pavimento betuminoso: — precisa de colaboração do tráfego.

As altas temperaturas devidas ao clima provocam um amolecimento de betume e dos agregados betuminosos, sobretudo se as granulometrias não são bem estudadas e se o betume é demasiado.

Este fenómeno é menos sensível nos betões betuminosos quando há uma perfeita e bem estudada granulometria, e quando a percentagem de betume é adequada a essa granulometria.

Bem, mas analisemos as causas determinantes da evolução da técnica dos betuminosos e que levaram o Prof. Thoman à descoberta do pavimento de tipo «Durit».

**Processo de ruína de um pavimento betuminoso**

É ponto assente que de todos os tipos de pavimentos betuminosos, é o betão asfáltico ou betuminoso o que melhores características tem para resistir a um tráfego pesado e intenso. No entanto, embora muito mais lentamente que os outros pavimentos betuminosos, ele arruina-se com o tráfego intenso exigindo um tratamento superficial, se quisermos mantê-lo com boas condições de aderência.

Qual o processo de ruína de um pavimento betuminoso com o tráfego, e qual o fenómeno que dá origem a que ele pula ràpidamente?

Admitamos que a granulometria de um betão betuminoso está muito bem estudada e é aquela que dá mais compacidade ao betão, e que a percentagem de betume empregada é a mais conveniente.

Com a travagem de um carro o trabalho necessário para absorver a energia cinética é transformado em calor nas «polies» dos travões, na deformação dos pneus e do pavimento, e durante o escorregamento do pneu sobre o pavimento.

Dá-se, pois, um aquecimento na superfície de contacto do pneu com o pavimento.

Aparece agora uma noção nova para nós: — é a da temperatura crítica.

Temperatura crítica é a temperatura a partir da qual começa a haver alteração físico-química do pavimento e do pneu.

Quanto aos pavimentos, verifica-se que, em geral, essa temperatura é ultrapassada, pois para os betuminosos vulgares ela anda à volta de 80° C..

O aquecimento devido às travagens dá origem a um amolecimento de betume, e o esforço devido à travagem e ao tráfego origina uma deformação.

Começa assim a ruína do pavimento, pois que esta deformação, que foi originada pelo aumento de temperatura, passa a ser a causa de esforços e vibrações parasitas, que são a causa da ruína do pavimento.

Mas não é tudo.

A depressão que se produz na parte trazeira da roda, faz uma chamada de betume assim amolecido para a superfície do pavimento e é deste refluimento que resulta o polimento rápido dos pavimentos betuminosos.

A continuação deste fenómeno dá origem a que o betume vá sendo progressivamente arrastado pelo trânsito, o que leva à ruína do pavimento, que não pode aguentar-se quando desaparece o ligante dos materiais inertes, isto é, — o elemento *vivo* do pavimento.

**PAVIMENTOS "DURIT"**

Baseado em considerações desta ordem, o Prof. Thoman efectuou uma série de experiências e estudos para evitar este fenómeno e, empregando uma técnica nova, conseguiu fazer subir a temperatura crítica dos pavimentos betuminosos de 80° C. para cerca de 150° C. Para isso descobriu um processo de tratar os «fillers» naturais com

betume, fabricando «fillers» betuminosos que, misturados nas argamassas betuminosas, dão ao betão características de dureza, de agregação (adesividade) e de resistência ao amolecimento pela acção da temperatura, que permitem concluir que se deu um grande passo para a resolução do problema dos betuminosos.

Esta técnica foi patenteada em vários Países e o fabrico do «filler» industrializado pela casa construtora suíça «I Frutigger, Fils», de Thun.

Dadas as suas características foi-lhe dado o nome comercial de «Filler-Durit».

Com este «filler» fazem-se os pavimentos «Durit», que não são mais que betões betuminosos em que o «filler» é prèviamente tratado pelo betume, ficando um «filler» betuminoso, perfeitamente seco, com o aspecto de pó de café.

O «filler» natural é muito fino, com um aspecto semelhante ao do cimento.

Mostraremos uma porção de «filler» natural antes do tratamento e de «Filler-Durit», depois de tratado pelo betume.

A técnica da fabricação destes pavimentos em nada difere da técnica empregada para a fabricação do betão betuminoso corrente.

Na fabricação destes betuminosos há a tendência para o emprego de betumes duros. Para a fabricação dos pavimentos, betumes de penetração superior a 80 ; e para a fabricação do «filler», betumes de penetração superior a 150 . No entanto, e para permitir o seu emprego a frio, quando é fabricada a mistura é lançada ainda na betoneira uma certa quantidade de dissolvente, que atraza a presa das argamassas por um tempo que anda à volta de uns quarenta dias, anàlogamente ao que se passa com as argamassas fabricadas com o betume fluido do tipo «Cut-Back».

O processo do fabrico do «filler» constitui segredo comercial da firma «I. Frutigger».

Visitamos um estaleiro onde é fabricada a massa do betão asfáltico, que depois era transportada para trabalhos de pavimento que se estavam executando numa estrada próximo de Lausane, isto é, aproximadamente a 150 km do estaleiro, que fica em Bamholz.

O transporte da massa era feito em barco pelo lago de Thun até à estação de caminho de ferro desta cidade, e depois carregada em caminho de ferro, com destino a Lausane.

O estaleiro não oferecia qualquer aspecto de novidade. É um estaleiro em que todo o transporte de materiais é feito mecânicamente até aos fornos de aquecimento, e destes para a misturadora.

Constituiu, contudo, para nós novidade a forma extraordinàriamente económica como é feita a exploração da pedreira.

O terreno é fortemente inclinado e a pedreira é aberta em forma de grande tremonha. Num plano inferior é aberto um túnel onde se faz a carga da pedra desmontada. A saída da pedra faz-se pelo poço «P» e é regulada por uma tampa semelhante a uma báscula, que é manejada por dois operários.

O esquema da figura 9 mostra a disposição descrita.

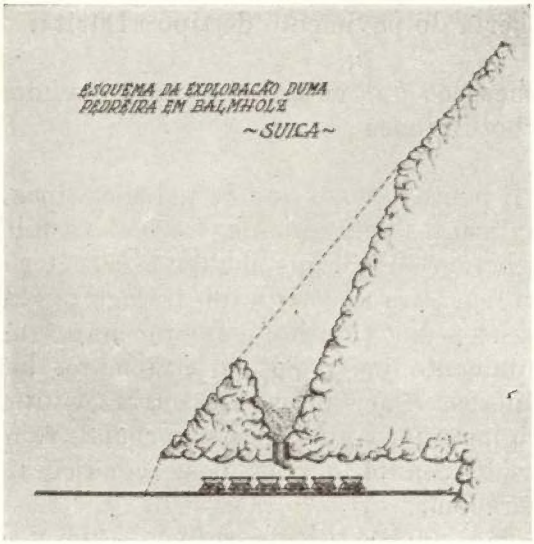



Fig. 9

Assim, a pedra desmontada com tiros pequenos, para não saltarem grandes blocos, cai por gravidade até às vagonetas que a transportam para o estaleiro.

Desaparece assim a operação mais cara